

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

INOVACE OBOUSTRANNÉ VRTAČKY SPL RVR



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 - Strojní inženýrství

Obor: Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výroby

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace oboustranné vrtačky SPL RVR

Innovation of swing drilling machine SPL RVR

Jméno autora:	Bc. Jan Štěpán
Vedoucí DP:	Doc. Ing. František Borůvka, CSc. TU Liberec
Konzultant DP:	Lukáš Knap, SKLOPAN LIBEREC, a.s.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:	63
Počet obrázků:	43
Počet příloh:	3

Datum: 13. května 2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra částí a mechanismů strojů FS



Studentská 2, 461 17 Liberec 1

Studijní rok: 2011/2012

ANOTACE

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Štěpán**
Téma: **Inovace oboustranné vrtačky SPL RVR**
Vedoucí DP: Doc. Ing. František Borůvka, CSc.
Konzultant: Lukáš Knap

Práce je zaměřena na inovaci oboustranné vrtačky SPL RVR. Úvodní část je věnována stručnému seznámení s výrobcem produktu, společností SKLOPAN a s produktem samým. Dále byly identifikovány požadavky na vylepšení daného produktu. Tyto požadavky byly utříděny pomocí afinního diagramu. Nejčteněji zmiňovanými možnostmi vylepšení produktu byly - usnadnění zaměřování vrtaných otvorů, ekonomická analýza posuvného supportu a zvýšení pevnosti a tuhosti nosného ramena vrtacích hlav. K dosažení těchto cílů byly upraveny a navrženy jednotlivé konstrukční prvky a technologické postupy, které umožňují splnění daných požadavků. Na nosném ramenu vrtacích hlav byla provedena pevnostní analýza. Při návrhu byl kladen důraz na využití metod inovačního inženýrství.

TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Design of Machine Elements and Mechanisms



Studentská 2, 461 17 Liberec 1

School year: 2011/2012

ANNOTATION

Name and surname: **Bc. Jan Štěpán**

Theme of work: **Inovace oboustranné vrtačky SPL RVR**

Leader of DP: Doc. Ing. František Borůvka, CSc.

Consultant: Lukáš Knap

This thesis is focused on innovation of swing drilling machine SPL RVR. The opening part is dedicated to a brief meeting with product manufacturer, with the company SKLOPAN and with the product itself. Also the requests for the innovation of the given product were identified further. These requests were classified by using affine diagram. The most frequently mentioned options for product's improving were – to make easier the targeting drill holes, the economic analysis of the sliding support and the strength and stiffness increasing of the support arm drill heads. To achieve those goals the individual structural components and technological processes, which allow the fulfilment of the requests, were adjusted and designed. The strength analysis was performed on the drill heads carrying arm. The emphasis was put on the use of innovative engineering's methods during the draft.

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 13. 5. 2012

Podpis:

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Františku Borůvkovi, CSc. z katedry částí a mechanismů strojů TU v Liberci za poskytnutý čas a připomínky, svému konzultantovi Lukáši Knapovi za poskytnuté firemní informace k dané problematice.

Děkuji firmě SKLOPAN LIBEREC, a.s. za možnost vypracování diplomové práce a za poskytnuté zázemí při řešení daného problému.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich soustavnou podporu při studiu na Technické Univerzitě v Liberci.



Vznik tohoto materiálu byl podpořen v rámci projektu OP VK (CZ 1.07/2.2.00/07.0291) „In-TECH 2“ spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Realizace projektu : 2009 – 2012.

Partneři projektu: Technická univerzita v Liberci - Škoda Auto a.s. - Denso MCZ s.r.o.

Manažer projektu Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín.



Obsah

1. Úvod	12
2. Představení	13
2.1 SKLOPAN LIBEREC, a.s.	13
2.2 Oboustranná vrtačka SPL RVR	14
3. Průzkum trhu	17
3.1 Vrtačka do skla HH0222.....	17
3.2 Frézovací bruska HH1320	18
3.3 CNC glass centrum KS-SZG25	18
3.4 Přenosná vrtačka Pico Drill 100.....	19
3.5 Stojanová vrtačka POWERPLUS POWX 154	19
4. Identifikace zákaznických potřeb	20
4.1 Interpretované potřeby firmy Sklopan	20
4.2 Potřeby zákazníků	21
4.3 Struktura dotazníku	22
4.5 Vyhodnocení dotazníku	23
4.6 Afinní diagram zákaznických potřeb	24
5. Skici a koncepty.....	27
5.1 Koncept 1	27
5.2 Koncept 2.....	28
5.3 Koncept 3.....	29
5.4 Koncept 4.....	30
5.5 Koncept 5.....	31
5.6 Koncept 6.....	32
5.7 Koncept 7.....	32
6. Rozhodovací tabulka.....	33
7. DFX – Metody pro detailní konstruování.....	35
7.1 Metoda DFA (Design for Assembly).....	35
7.2 Metoda DFM (Design for Manufacturing)	35
7.3 Metoda DFT (Design for Testing)	35
8. Inovace Ramene (VAC)	36
8.1 Pevnostní analýza stávajícího ramene.....	38
8.3 Pevnostní výpočet - trubka profil.....	40
8.2 Pevnostní výpočet - čtvercový profil	41
8.4 Nový konstrukční návrh ramene	42
8.5 Pevnostní analýza inovovaného ramena	44

9. Laserové zaměřování polohy.....	47
9.1 Křížový laser	47
9.2 Přímkový laser	50
10. Posuvný support hlavy vrtačky.....	53
10.1 Ekonomická analýza posuvného supportu	54
10. Inovovaná vrtačka SPL RVR.....	59
11. Závěr	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:.....	62
PŘÍLOHY	64

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

značka	název	jednotka
F	Síla	[N]
m	Hmotnost	[kg]
l	Délka	[mm]
M	Moment síly	[Nmm]
σ	Napětí	[Mpa]
J	Kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
W	Modul průřezu v ohybu	[mm ³]
γ	Deformace	[mm]
U	Napětí	[V]
t	Teplota	[°C]
P	Výkon	[W]
n	Otáčky	[ot/min]
λ	Vlnová délka	[nm]
zkratky		

DFA	Metoda konstruování z hlediska montáže
DFM	Metoda konstruování z hlediska výroby
DFT	Metoda konstruování z hlediska testování
VAC	Technické značení konstrukce
VAD	Technické značení konstrukce
ČSN	Československá státní norma
SKLOPAN	Firma SKLOPAN LIBEREC, a.s.
Tab.	Tabulka
Obr.	Obrázek



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Oboustranná vrtačka SPL RVR.....	14
Obr. 2 Vrtací vřetena	16
Obr. 3 Mechanismus na ruční ovládání vřeten	16
Obr. 4 Vrtačka do skla HH0222	17
Obr. 5 Frézovací bruska HH1320	18
Obr. 6 CNC glass centrum KS-SZG25	18
Obr. 7 Vrtačka Pico Drill 100.....	19
Obr. 8 Vrtačka POWERPLUS.....	19
Obr. 9 Internetová podoba dotazníku	21
Obr. 10 Koncept 1.....	27
Obr. 11 Průmyslové lasery.....	28
Obr. 12 Koncept 2.....	28
Obr. 13 Koncept 3.....	29
Obr. 14 Koncept 4.....	30
Obr. 15 Teleskopický systém (MayTec).....	30
Obr. 16 Koncept 5.....	31
Obr. 17 Koncept 6.....	32
Obr. 18 Rameno (VAC).....	36
Obr. 19 Drátový model ramene	36
Obr. 20 Řez ramenem	36
Obr. 21 Skica - umístění nosného žebra (Rozstřelený pohled).....	37
Obr. 22 Napětí v ramenu.....	38
Obr. 23 Posunutí v ose Z v ramenu	39
Obr. 24 Zatížený nosník - kruhový průřez	40
Obr. 25 Zatížený nosník - čtvercový průřez	41
Obr. 26 Inovovaná konstrukce ramene	42
Obr. 27 Drátový model inovované konstrukce ramene	43
Obr. 28 3D model inovovaného ramene	43
Obr. 29 Napětí v inovovaném ramenu.....	44
Obr. 30 Posunutí v ose Z v inovovaném ramenu.....	45
Obr. 31 Křížový laser.....	48



Obr. 32 Modul pro křížový laser	49
Obr. 33 Umístění modulu křížového laseru na vrtačce	50
Obr. 34 Přímkový laser	51
Obr. 35 Modul pro přímkový laser	51
Obr. 36 Bezpečnostní vzdálenost modulu laseru	52
Obr. 37 Umístění modulu přímkového laseru na vrtačce	53
Obr. 38 Horní posuvný support 3D	53
Obr. 39 Spodní posuvný support 3D	54
Obr. 40 Horní ozubený segment	55
Obr. 41 Ozubený hřeben	56
Obr. 42 Inovovaná vrtačka SPL RVR	59
Obr. 43 Rameno VAC v průhledném režimu	60

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Interpretace potřeb zaměstnanců firmy SKLOPAN	20
Tab. 2 Vyhodnocení dotazníku	23
Tab. 3 Rozhodovací tabulka	34
Tab. 4 Parametry ozubení	55
Tab. 5 Parametry ozubeného hřebene	56
Tab. 6 Ceny dílů před inovací (Horní support)	57
Tab. 7 Ceny dílů před inovací (Spodní support)	57
Tab. 8 Ceny dílů po inovaci (Horní support)	58
Tab. 9 Ceny dílů po inovaci (Spodní support)	58



1. Úvod

V úvodu této práce je nutné důkladné seznámení s konstrukcí dané portálové vrtačky. Prozkoumat současný stav vrtačky z technických výkresů, 3D modelů a zároveň se seznámit s praktickými zkušenostmi operátorů, kteří se strojem pracují. Důležité jsou samozřejmě i zkušenosti jednotlivých operátorů a zaměstnanců firmy SKLOPAN, kteří pracovali na vývoji stroje a zúčastní se jeho výrobního cyklu.

Dalším krokem je seznámení se s konkurenčními stroji, tedy průzkum trhu. Prozkoumání a porovnání jejich technických specifikací, zjištění stavu konkurenčních strojů může pomoci v zavedení nových myšlenek a inovací do současného stavu vrtačky SPL RVR.

Při zpracování již zmiňovaných zkušeností operátorů, konstruktérů a zákazníků firmy bude navrženo několik konceptů pro usnadnění práce na vrtačce. Pro zhodnocení konceptů bude vypracována rozhodovací tabulka a zpracovány nejpřínosnější koncepty.

Konstruktéři měli při vývoji vrtačky problém s pevností ramene vrtačky, které drží horní a spodní motor a vřeteno stroje, proto dalším cílem práce bude zpracování pevnostní analýzy stávajícího ramene vrtačky a navržení vhodného řešení pomocí moderních inovačních metod.

Poslední bod projektu se zaměří na ekonomickou analýzu a snížení nákladů na výrobu posuvného supportu hlavy vrtačky. Celkový projekt se zaměří na nalezení levnějších, časově výhodnějších konstrukčních postupů. Dále na vyřešení konstrukčních problémů při zvýšení pevnosti vrtačky a na zavedení nových prvků pro usnadnění práce operátorů. Zhodnocení výsledného stavu jednotlivých inovací bude předmětem závěru diplomové práce.



2. Představení

2.1 SKLOPAN LIBEREC, a.s.

Společnost SKLOPAN LIBEREC, a. s. byla založena v roce 1991 jako ryze česká společnost. Od svého vzniku se zabývá vývojem a výrobou strojů a zařízení pro sklářský průmysl a to hlavně v oblasti zpracování plochého skla. Rozvojem společnosti dochází k zaměření se i na další segmenty, jako jsou vývoj a výroba technologických celků na klíč a to jak v oblasti sklářského průmyslu, tak v oblasti průmyslu automobilového. Cílovým trhem je pro společnost nejen ČR, ale i celá Evropa či Amerika. S výrobky společnosti SKLOPAN LIBEREC, a.s. se tak můžete setkat v zemích jako je Německo, USA, Španělsko, Mexiko, Rusko a mnoho dalších.

Společnost SKLOPAN LIBEREC, a.s. je v současné době strukturována do 3 hlavních segmentů:

Automobilový průmysl

- Vývoj a výroba technologických celků, strojů a zařízení pro dodavatele automobilových komponentů.
- Výroba kontrolních, měřících a montážních přípravků pro sériovou výrobu.

Sklářský průmysl

- Vývoj a výroba technologických celků, strojů a zařízení pro sklářské technologie.
- Výroba standardních strojů pro opracování plochého skla.

Ostatní

- Komplexní servisní činnost pro dodávaná zařízení.
- Měření 3D.
- Komplexní zajišťování dodávek surovin pro sklářský průmysl (dolomit, písek).
- Zajišťování provozu vlečky v areálu AGC Teplice. [1]



2.2 Oboustranná vrtačka SPL RVR



Obr. 1 Oboustranná vrtačka SPL RVR

Oboustranná vrtačka SPL RVR (Obr. 1) představuje spojení špičkových prvků používaných u vrtacích automatů s prvky solidního stroje s ruční obsluhou. Tato koncepce se ukázala jako velmi vhodná pro všestranné použití stroje ve sklenářských dílnách a oproti vrtačkám ostatních výrobců přináší mnoho výhod.



Ruční ovládání pohybu nástrojů odstraňuje prostoje pro seřizování zdvihů obvyklé u automatů a umožňuje “s citem” vrtat i takové otvory, které automat prakticky nezvládne.

Moderní pohony nástrojů s plynule nastavitelnými otáčkami a samočinným spouštěním motorů, samočinné spouštění vody do vrtáku, uzavřený oběh vody atd. dodávají této vrtačce komfort běžný jen u automatů.

Celková hmotnost vrtačky se dostává na úroveň automatických strojů.

Používání vrtačky se vyznačuje mimořádně nízkými provozními náklady. Hlavní přínos k jejich snížení lze přičítat moderním komponentům stroje.

Cyklus vrtání probíhá v několika krocích. Nejprve obsluha založí výrobek na pracovní stůl nebo rošt tak, aby osa vrtáků procházela středem zamýšleného otvoru.

K tomuto účelu lze využít přednastavených dorazů nebo zaměřovacího přípravku. Pomocí páky přítlaku obsluha bezpečně upne sklo ke stolu. Přisun vřeten do řezu je ovládán ručně pomocí pák (Obr. 2). Nejprve se sklo navrtá asi do poloviny tloušťky zespodu, poté se otvor dovrtává horním vřetenem. Vřetena lze pomocí pák ovládat velmi citlivě, bez zbytečné námahy. Po přiblížení vrtáku ke sklu se rozběhne příslušný motor a spustí chladicí kapalinu. Návrat vřeten do výchozích poloh a vypnutí motoru a vody je automatické (Obr. 3). Na vřetenech je předem možno mechanicky nastavit dorazy zdvihu nástroje a předstih spouštění chladicí vody před najetím vrtáku na sklo.

Pro zpracování sérií je určeno přídavné odměřování, umožňující obsluze snadné nastavování a fixaci polohy skla.

Uzavřený oběh vody je šetrný ke spotřebě vody, zvyšuje životnost vrtáků a zlepšuje kvalitu opracování skla. Je vybaven solenoidními ventily, připojovacím hrdlem a jeho konstrukce umožňuje snadné čištění.

Vrtačka je koncipována tak, aby sortiment velikosti vrtaných tabulí nebyl prakticky omezen a výkonnost stroje byla co nejvyšší. Pokud jsou však nároky na opracovaný sortiment nebo nezbytný komfort již dopředu sníženy, lze zvolit konfiguraci stroje „na míru“ a snížit tak pořizovací náklady.

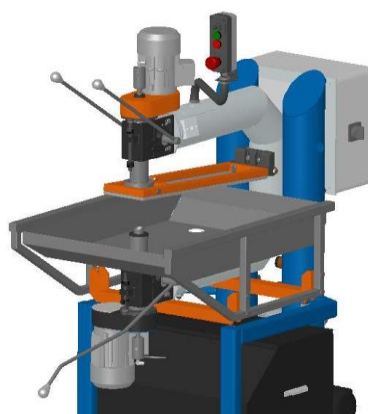
Vrtačka SPL RVR patří k nejúspěšnějším produktům firmy CZ SKLOPAN LIBEREC a.s. Svojí technickou úrovní, spolehlivostí, výkonností a komfortem ovládání se ve své třídě řadí k absolutní špičce. K dalším přednostem patří rychlý záruční i



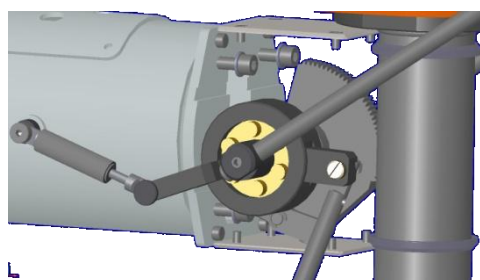
pozáruční servis a trvale dostupná technická podpora pro každého, kdo se strojem pracuje. Samozřejmostí je také kompletní servis v oblasti nástrojů a spotřebního materiálu [2].

Technická specifikace:

- Dvourychlostní motor: 1500/3000 ot/min.
- Rozměry: 700x1300x1700 mm
- Vrtací průměry: $D_{min} = 3 \text{ mm}$, $D_{max} = 70 \text{ mm}$.
- Uzavřený oběh vody, použití solenoidních ventilů [2].



Obr. 2 Vrtací vřetena



Obr. 3 Mechanismus na ruční ovládání vřeten



3. Průzkum trhu

Průzkum se zaměřuje nejenom na velké ruční vrtačky do skla, ale také na CNC vrtací centra, frézovací brusky a malé přenosné vrtací hlavy. Tedy i na analýzu příbuzných výrobků. Ze všech těchto konstrukcí je možné čerpat inspiraci pro další inovace a koncepty. Při průzkumu byl využit i server Espacenet. Jedná se o jednu z největších internetových volně přístupných patentových databází. V poslední době se největší konkurence ve sklářských strojích rodí zejména v Číně. První dva představené stroje jsou právě s Číny od firmy Haihong Precision Machinery. V následujícím průzkumu můžeme posoudit vybrané výrobky, zejména jejich velikost a jejich technické parametry.

3.1 Vrtačka do skla HH0222



První krok při práci na tomto stroji probíhá pneumatickým sevřením skla. Vrtání lze provádět, stejně jako na vrtačce SPL RVR, horním i spodním vřetenem. Vrtací průměry se pohybují od 4 do 220 mm. Minimální a maximální tloušťka zpracovaného skla je 3 mm a 20 mm, maximální velikost skla je 2600x2400 mm. Výkon stroje s celkovou velikostí 2600x2600x1700 mm je 3kW. Jedná se tedy o větší a výkonnější stroj (Obr. 4)[3].

Obr. 4 Vrtačka do skla HH0222



3.2 Frézovací bruska HH1320



Obr. 5 Frézovací bruska HH1320

Stroj je vhodný na tvarování, broušení a leštění okrajů skla (Obr. 5). Změnou brusného kotouče lze přizpůsobit tvar, drsnost či skosení broušené hrany. Výška vřetena je samozřejmě výškově nastavitelná. Minimální a maximální tloušťka skla je 3 mm a 30 mm. Úhel zkosení je 0 – 20 °. Zpracované sklo může mít průměr 100 mm až 1300 mm. Šířka maximálního zkosení je 35 mm. Rychlost otáčení pracovního stolu je 0,2 – 2,5 ot/min. Celkový výkon stroje o velikosti 1500x1500x1600 mm a hmotnosti 800kg je 2 kW [4].

3.3 CNC glass centrum KS-SZG25



Obr. 6 CNC glass centrum KS-SZG25

Další CNC stroj od Čínské firmy Foshan Kingsky Machinery (Obr. 6). Stroj umožňuje zpracování skla o tloušťce 5 až 30 mm. Celkový příkon stroje o rozměrech 7000x2020x3720 mm a hmotnosti 2500 kg je 8 kW. CNC stroje se vyznačují vysokou přesností s maximální chybou $\pm 0,5$ mm ovšem vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům je jejich použití vhodné v sériových výrobcích. Na stroji není možné zpracovávat skla o rozměru menším než 750x200 mm a o výšce větší než 2500 mm [5].



3.4 Přenosná vrtačka Pico Drill 100



Tato přenosná vrtací hlava s vrtáky z diamantového jádra se hodí i pro použití v dílně (Obr. 7). Stroj se umísťuje přímo na povrch skla, gumové přísavky zajistí bezpečnou polohu při vrtání. Chladicí kapalina je přiváděna přes přívodní ventil na boku. Stroj lze připojit přímo do běžné zásuvky. Do přístroje Pico Drill lze vložit standardní vrtáky na sklo označované jako Continental [6].

Obr. 7 Vrtačka Pico Drill 100

3.5 Stojanová vrtačka POWERPLUS POWX 154



Stojanová vrtačka POWERPLUS je jednou z mála vrtaček vybavených laserovým zaměřováním. Při následném návrhu řešení, které usnadní práci při zaměřování otvorů, nám může poskytnout určitou inspiraci pro umístění laserového zaměřovače. Výkon stroje o rozměrech stolku 200 x 200 mm a hmotnosti 39,5 kg je 500 W. Výška stroje je 850 mm. Otáčky stroje jsou regulovatelné 425 – 2545 ot/min. Při vrtání lze nastavit až 12 rychlostních pozic [7].

Obr. 8 Vrtačka POWERPLUS



4. Identifikace zákaznických potřeb

4.1 Interpretované potřeby firmy Sklopan

Pro provedení inovačního cyklu výrobku je nutné zjistit potřebu zákazníka. Při průzkumu zákaznických potřeb byla oslovena skupina zainteresovaných zaměstnanců firmy SKLOPAN, kteří poskytli odpovědi na tři jednoduché otázky uvedené níže v Tab.

1. Jedná se o názory operátorů, konstruktérů, technologů a managementu firmy.

Tyto poznatky byly získány za pomoci moderních moderačních technik, především za pomoci „interview“. Vyjádření byla interpretována do šesti zákaznických potřeb. Pomocí této interpretace byl zpracován dotazník pro ostatní zákazníky a uživatele oboustranné vrtačky SPL RVR.

Tab. 1 Interpretace potřeb zaměstnanců firmy SKLOPAN

Otázka	Vyjádření	Interpretace potřeby
Má současné provedení vrtačky nějaké špatné vlastnosti?	<ul style="list-style-type: none"> - Měli jsme problém s pevností ramene - Složitá montáž ramene - Výroba posuvného supportu je časově a finančně náročná 	<ul style="list-style-type: none"> - Zvýšení pevnosti a tuhosti ramene - Zjednodušení konstrukce ramene - Snížení výrobního času ramene - Snížení ceny supportu - Snížení výrobních časů
Má současné provedení vrtačky nějaké dobré vlastnosti?	<ul style="list-style-type: none"> - Dlouhá životnost vrtačky 	<ul style="list-style-type: none"> - Použití kvalitních materiálů - Bezporuchovost
Co je podle vás potřeba zlepšit na současném stavu vrtačky?	<ul style="list-style-type: none"> - Lepší manipulaci s materiálem - Přesnější měření polohy děr 	<ul style="list-style-type: none"> - Posuvný stůl - Posuvné vřeteno - Laserové zaměřování



4.2 Potřeby zákazníků

Firma Sklopan Liberec a. s. poskytla kontakty na čtyři zákazníky. Od roku 2008 prodala po Čechách pouze 4 ks vrtaček SPL RVR, z toho jednu repasovanou. Tři z těchto čtyř zákazníků poskytli základní informace o svých potřebách, představách a drobnostech, které jim na základním modelu vrtačky SPL RVR vadí. Dotazník byl zpracován v tištěné i internetové podobě (Obr. 9).

INOVACE VRTAČKY SPL RVR

Vadí vám něco na konstrukčním řešení vrtačky?

☐ Ano
☐ Ne

Pokud ano co?

Vadí vám něco při práci na vrtačce?

☐ Ano
☐ Ne

Pokud ano co?

Zranil jste se někdy o nějakou část stroje při vrtání?

☐ Ano
☐ Ne

Pokud ano o jakou (o jakě)?

Obr. 9 Internetová podoba dotazníku

[https://spreadsheets.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dGR1NXNuTjBGZzg
tX3VWRXp0djl2ckE6MQ](https://spreadsheets.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dGR1NXNuTjBGZzg
tX3VWRXp0djl2ckE6MQ)



4.3 Struktura dotazníku

1) Vadí vám něco na konstrukčním řešení vrtačky?

Ano Ne

2) Vadí vám něco při práci na vrtačce?

Ano Ne

3) Zranil jste se někdy o nějakou část stroje při vrtání?

Ano Ne

4) Vyhovovala by vám možnost ovládání spodního vřetena nohou? (Přídavný pedál)

Ano Ne Možná

5) Usnadnilo by vám práci laserové zaměřování polohy díry? (Laserový kříž na skle či kameni)

Ano Ne Možná

6) Usnadnila by vám práci pohyblivá vřetena (vrtací hlava) v ose X, Y?

Ano Ne Možná

7) Vlastní komentáře a nápady:



4.5 Vyhodnocení dotazníku

Tab. 2 Vyhodnocení dotazníku

Vadí vám něco na konstrukčním řešení vrtačky?	Ne	Ne	Ne
Pokud ano, co?	/	/	/
Vadí vám něco při práci na vrtačce?	Ne	Ne	Ano
Pokud ano, co?			Složité přeměňování
Zranil jste se někdy o nějakou část stroje při vrtání?	Ne	Ne	Ne
Pokud ano, o jakou? (O jaké?)	/	/	/
Vyhovovala by vám možnost ovládání spodního vřetena nohou? (Přídavný pedál)	Možná	Ano	Možná
Usnadnilo by vám práci laserové zaměřování polohy vrtaných děr?	Ano	Ano	Možná
Usnadnila by vám práci pohyblivá vřetena (vrtací hlavy?)	Možná	Ano	Možná
Vlastní komentáře a nápady:	Laser by měl jít jednoduše vyměnit v případě poruchy či poškození, Laserové zaměřování by mělo jít odebrat či přidat, když ho zákazník nebude požadovat, Kříž by měl jít nastavit, když dojde k vychýlení.		

V Tab. 2 jsou uvedeny výsledné požadavky operátorů pracujících na vrtačce SPL RVR. Tyto požadavky byly vygenerovány z dotazníku uvedeného výše. (str. 22). Jeden ze čtyř zákazníků odmítl dotazník vyplnit dotazník, vzhledem k nedostatku času. Přesto byly do dotazníků vyplněné i zajímavé komentáře a vlastní nápady k laserovému zaměřování vrtaných děr.



4.6 Afinní diagram zákaznických potřeb

Po získání názorů a požadavků je nutné tyto body shrnout a logicky uspořádat. K tomuto kroku bylo třeba zvolit vhodný pracovní nástroj. Jako vhodné nástroje mohly posloužit například maticové diagramy, stromové diagramy, relační diagramy, šipkové diagramy nebo PDPC diagramy. Jako nejvhodnější pracovní nástroj byl použit afinní diagram, který je využíván pro plánování procesů a požadavků. Uceluje a organizuje informace do příbuzných kategorií a usnadňuje nám práci s nimi [8]. Tvorba diagramu probíhala v následujících krocích:

Krok 1 – Získané interpretované potřeby

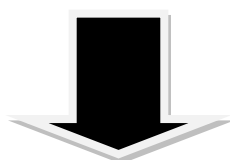


Krok 2 – Afinní diagram

Inovace ramena VAC	Zvýšení pevnosti a tuhosti ramena Zjednodušení konstrukce ramena Snížení výrobního času ramena
--------------------	--



Zaměření polohy děr	Laserové zaměřování Vyměnitelná laserová optika Snadná výměna laseru Nastavitelný laser
Jednodušší manipulace	Posuvný stůl Posuvná vřetena
Ekonomické řešení supportu	Snížení ceny supportu Snížení výrobního času supportu



Krok 3 – Možná řešení uspořádaných potřeb

Inovace ramena VAC

Zvýšení pevnosti a tuhosti ramena

- **Zvýšit tloušťku profilu**
- **Změnit tvar profilu**

Zjednodušení konstrukce ramena

- **Snížit počet dílů**
- **Změna výrobní technologie**

Snížení výrobního času ramena

- **Snížit počet dílů**
- **Změna výrobní technologie**



Zaměření polohy děr

Laserové zaměřování

- **Koupení laserové optiky**

Vyměnitelná laserová optika

- **Jednoduché upevnění šrouby**
- Upevnění do drážek

Snadná výměna laseru

- Umístění laseru do svěrného kroužku
- **Vytvoření modulu na umístění laseru**

Nastavitelný laser

- **Vytvoření nastavitelných modulů na lasery**

Jednoduší manipulace

Posuvná vřetena

- **Použití kolejnič**

Posuvný stůl

- **Použití kolejnič**

Ekonomické řešení supportu

Snížení ceny supportu

- Použitím levnějších materiálů
- **Použitím nakoupených dílů**

Snížení výrobního času supportu

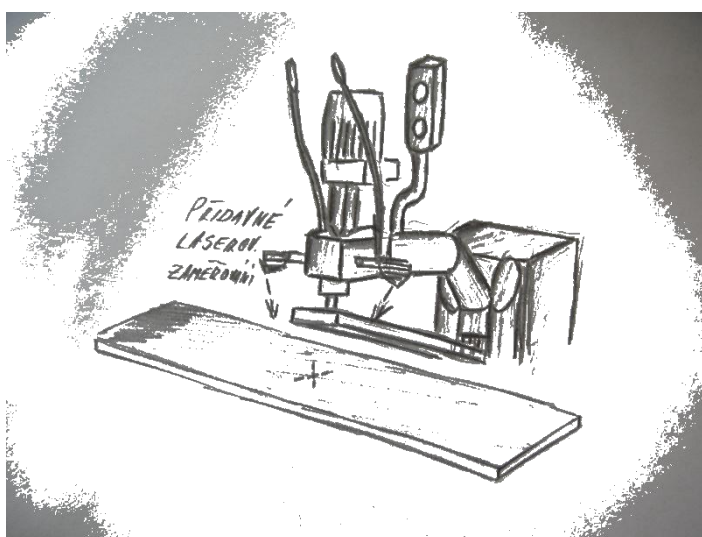
- Použitím levnějších materiálů
- **Použitím nakoupených dílů**



Afinní diagram se ukázal jako efektivní nástroj k uspořádání uživatelských potřeb. V posledním kroku byl doplněn o možná řešení jednotlivých bodů. Tučně vyznačená řešení by byla podle inovačního týmu výhodnější. Po utřídění jednotlivých požadavků zákazníků je možné navrhnout koncepty řešení nejsložitějších konstrukčních bodů určených zákazníkem. Po bližším prozkoumání technické dokumentace se inovace ramene VAC a ekonomická analýza vřetena se ukázala jako nutností, přesto byly tyto požadavky zahrnuty do dalšího rozhodování.

5. Skici a koncepty

5.1 Koncept 1



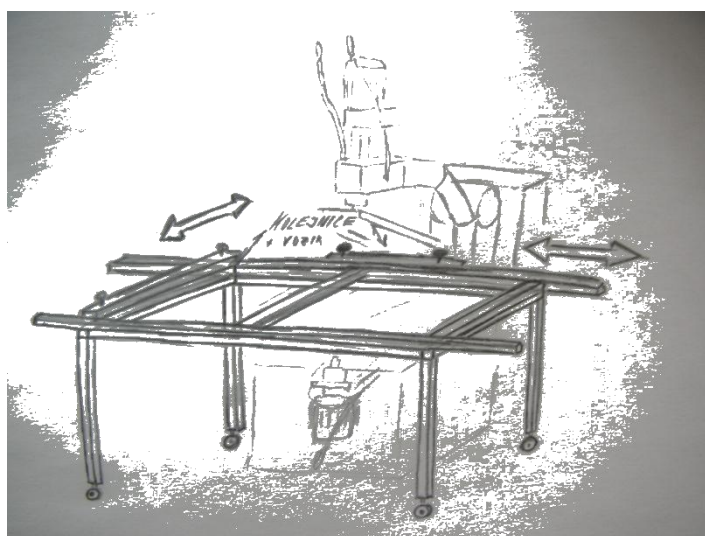
Obr. 10 Koncept 1

První koncept (Obr. 10) je zaměřen na usnadnění práce při zaměřování vrtaných děr bez nutnosti ovládání vřetena a ručního odměřování. Tímto způsobem můžeme odměřit díry přímo na stole a vyznačit je. Inovace spočívá ve vyvrtání dvou závitových děr z boku hlavy horního vrtacího vřetena a umístění jistících můstků pro průmyslové lasery. Tyto lasery vytvoří na povrchu kamene či skla přímku a nastavením dvou přímek pod vrtákem vznikne kříž, pomocí kterého lze kalibrovat přesnou polohu vrtáku při prvním kontaktu s deskou. Lasery mohou být zakoupeny i křížové (Obr. 11) [9].



Obr. 11 Průmyslové lasery

5.2 Koncept 2

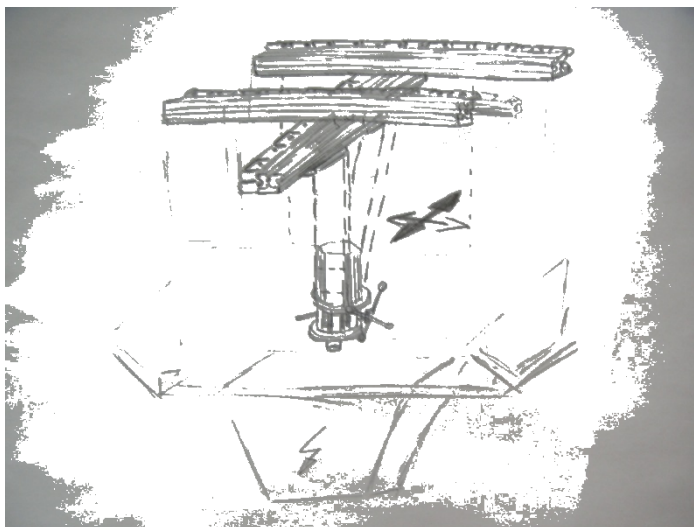


Obr. 12 Koncept 2

Další inovační řešení je provedeno přímo na stole, na kterém drží skleněné desky (Obr. 12). Při manipulaci s deskou je pro operátora fyzicky náročné přesunovat ručně desku a zvyšují se pracovní časy. Na obrázku je naskicováno ideální řešení problému, stůl se bude posouvat sám, operátor potom nemusí namáhavě zvedat desku a přenášet ji. Na spodní nohy stolu je nutné přidělat kolečka, na přední rám pak madla pro jednoduchou manipulaci. Horizontální pohyb stolu bude zajištěn hlavní podélnou kolejnicí s možností odměřování vzdálenosti pohybu. Příčný pohyb by v tomto případě byl velice komplikovaný, je možné použít opět kolejnice na posouvání stolu směrem k operátorovi. U těchto kolejnic by byla nutná pevná aretace po nastavení polohy desky. Problémem tohoto konceptu bude zajištění dostatečné tuhosti a pevnosti v osách X a Y.



5.3 Koncept 3

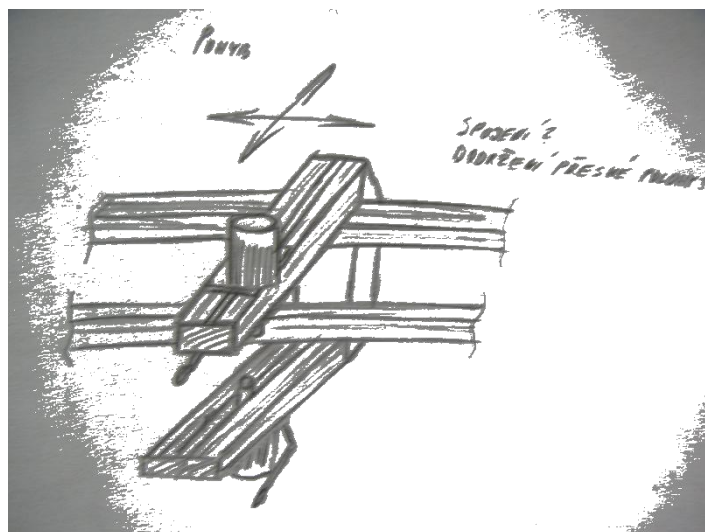


Obr. 13 Koncept 3

Další koncept (Obr. 13) byl zaměřen na změnu celého stroje. Operátor by posouval pouze hlavu vřetena v osách X a Y, hlava by se poté upnula pomocí gumových upínek přímo na vrtanou desku. Příčný posun hlavy by se zajišťoval opět kolejnicemi, podélný pohyb by vykonával celý příčný rám. Při těchto pohybech by bylo nutné použít energetické řetězy pro vedení kabelů a hadiček s chladicí kapalinou. Nevýhoda tohoto konceptu, spočívá v použití pouze horního vřetena, což komplikuje vrtání tlustých skel. Skla s větší tloušťkou se předvrtávají ze spodní strany a poté probíhá dovrtání horním vřetenem. Při využití konceptu 3 by se jednalo o citelný zásah do konstrukce celé vrtačky. Dále by se pravděpodobně zvýšilo nebezpečí prasknutí skleněné desky při vrtání.

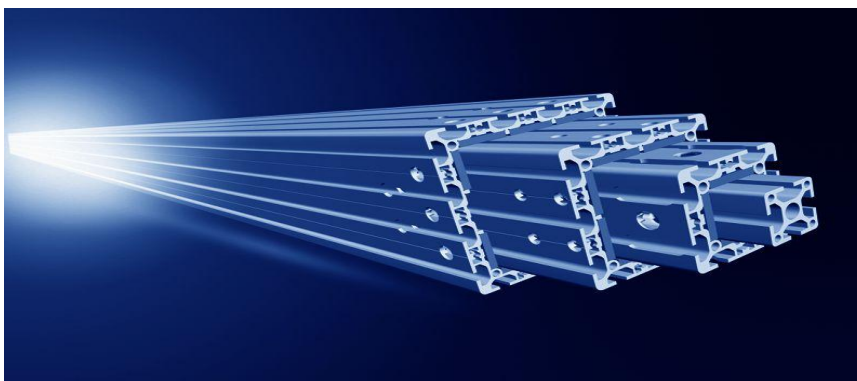


5.4 Koncept 4



Obr. 14 Koncept 4

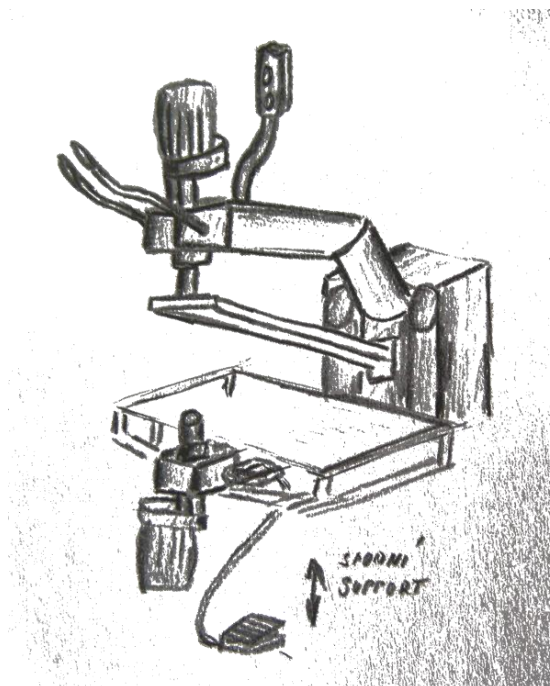
Při řešení problému s dolním předvrtáním u předchozího konceptu vznikl návrh, který umožňuje použití dolního i horního vřetena. Operátor by opět ovládal vřeteno a s vrtanou deskou by nemusel vůbec manipulovat. Podélný pohyb zde vykonává rámová konstrukce, která je spojená a nese obě vřetena. Největším problémem tohoto konceptu by bylo synchronizovat naprosto přesnou polohu obou vřeten v příčném pohybu. Jednou z možností je použití čidel nebo použití vodících teleskopických tyčí (Obr. 15)[10], které by byly spojeny na okraji stroje. Další otázkou je, do jaké míry bude při použití teleskopických tyčí dosaženo požadované přesnosti vřeten při vrtání. Pro pohybu vřeten je nutné opět využít energetické řetězy.



Obr. 15 Teleskopický systém (MayTec)



5.5 Koncept 5

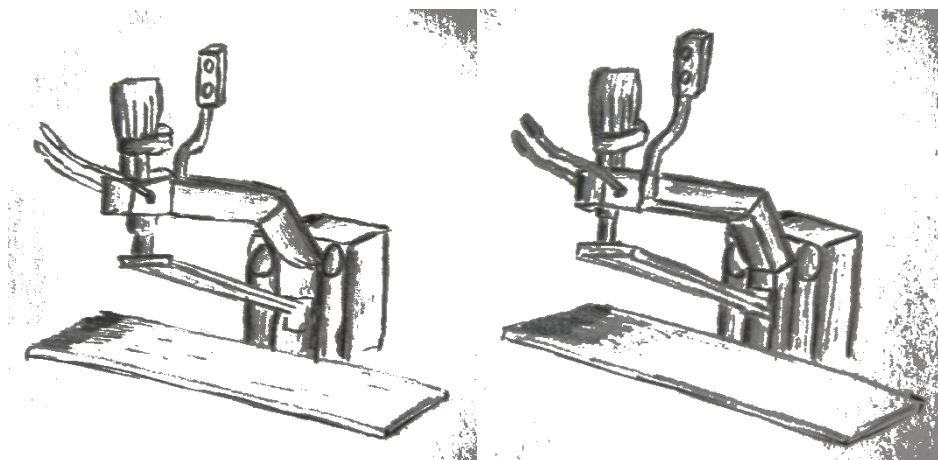


Obr. 16 Koncept 5

Pátý koncept se zaměřuje na možnost předvrtání spodní díry zároveň při vrtání horního otvoru. Předvrtání může probíhat zároveň s vrtáním, čímž by se zkrátily výrobní časy. Pro tento koncept by stačilo zakomponovat na spodní vřeteno přídavný nožní pedál. Při jeho stlačení by se spodní vřeteno pohybovalo vzhůru a operátor by předvrtal díru zespoda. Zároveň se však může věnovat dovtátání za pomoci horního vřetena. Při tomto řešení je nutné se zaměřit na ergonomii a polohu operátorova těla při práci. Špatné umístění pedálu může způsobit dělníkovy bolesti zad nebo dokonce nemoci z povolání.



5.6 Koncept 6



Obr. 17 Koncept 6

Šestý koncept spočívá ve změně tvaru nosného ramene VAC. Změnou použitého tvaru profilu se předpokládá nárůst pevnosti a tuhosti celého ramene. Rameno bylo vyrobeno z dutého profilu kruhového průřezu. Bohužel se při prvních testech vrtačky ukázalo, že rameno není dostatečně dimenzováno. Pro zlepšení se do stávající sestavy implementovalo nosné žebro, které tento problém vyřešilo. S nosným žebrem, ale nastal problém se zvýšením složitosti montáže a počtu dílů svařovací sestavy ramene VAC. Změnou tvaru profilu by se tento problém dal vyřešit hospodárněji.

5.7 Koncept 7

U sedmého konceptu se nejedná o konstrukční změnu, ale o změnu technologického rázu. Při průzkumu technické dokumentace bylo zjištěno, že si firma SKLOPAN vyrábí díly jako ozubené segmenty a ozubené hřebeny sama. Tyto díly jsou použité v sestavě posuvného supportu vrtáků. Tento postup je značně nestandardní, proto bych u sedmého konceptu doporučil ekonomickou analýzu posuvného supportu.



6. Rozhodovací tabulka

Po zpracování a naskicování jednotlivých konceptů byla sestavena rozhodovací tabulka pro vyhodnocení nejpříjemnějších z nich (Tab. 3). Pro tyto koncepty bude vytvořena kompletní technická dokumentace potřebná k jejich výrobě popřípadě upraven technologický postup výroby. Koncepty s nejvyšším součtem vážené hodnoty budou tedy připraveny k dalšímu projektovému řešení.

Každý koncept byl předložen zaměstnancům firmy SKLOPAN a za jejich pomocí kolektivně ohodnocen. Následné ohodnocení konceptů bylo posouzeno také s konzultantem a vedoucím diplomové práce. Stejný postup probíhal při volbě hodnotících kritérií a přiřazení jejich procentuální váhy. V Tab. 3 můžeme vidět jednotlivá kritéria pro hodnocení konceptů, ke každému kritériu byla přiřazena procentuální váha a bodové ohodnocení (4 body maximální, 1 bod minimální). Z těchto dvou hodnot byla dále spočítána vážená hodnota. Součet vážené hodnoty každého konceptu rozhodoval o jeho pořadí v rozhodovací tabulce. Koncepty, které se umístily na prvních třech místech, byly vybrány pro další projektové řešení. Poslední sloupec s názvem “vyhodnocení“, ukazuje koncepty s nejvyšší váženou hodnotou pro jednotlivá kritéria.

Další možností, kterou se mohlo ubírat ohodnocení konceptů, byl výběr podle vlastního úsudku. Nicméně po zhodnocení rozhodovací tabulky a vyhodnocení nejlepších variant se ukázalo, že výběr podle vlastního úsudku by měl velice podobné hodnocení a pořadí ohodnocených konceptů by se nezměnilo.

Podle rozhodovací tabulky (Tab. 3) byly dále k projektovému řešení předloženy koncepty číslo jedna, šest a sedm. V další části práce se tedy zaměříme na laserové zaměřování polohy děr, zvýšení pevnosti ramene VAC a ekonomické analýze posuvného supportu.



Tab. 3 Rozhodovací tabulka

Kritérium	Váha	Koncepty							
		Koncept 1		Koncept 2		Koncept 3		Koncept 4	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Bezpečnost	100%	4	4	3	3	3	3	3	3
Cena	90%	3	2,7	1	0,9	1	0,9	1	0,9
Časový fond	90%	3	2,7	2	1,8	2	1,8	2	1,8
Poruchovost	80%	2	1,6	3	2,4	3	2,4	4	3,2
Design	10%	3	0,3	2	0,2	1	0,1	2	0,2
Složitost (Počet dílů)	30%	3	0,9	2	0,6	2	0,6	2	0,6
Bezúdržbový provoz	70%	3	2,1	2	1,4	2	1,4	2	1,4
Životnost	40%	2	0,8	2	0,8	2	0,8	2	0,8
Zkrácení výrobn. časů	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9	2	0,6
Usnadnění práce	80%	3	2,4	3	2,4	2	1,6	2	1,6
Součet		18,4		14,4		13,5		14,1	
Pořadí		3.		5.		7.		6.	
Další postup		Ano		Ne		Ne		Ne	
Kritérium	Váha	Koncepty							
		Koncept 5		Koncept 6		Koncept 7		VYHODNOCENÍ	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Koncept	Vážená hodnota
Bezpečnost	100%	3	3	4	4	4	4	1,6,7	4
Cena	90%	4	3,6	3	2,7	4	3,6	5,7	3,6
Časový fond	90%	3	2,7	3	2,7	3	2,7	1,5,6,7	2,7
Poruchovost	80%	2	1,6	3	2,4	3	2,4	4	3,2
Design	10%	2	0,2	3	0,3	1	0,1	1,6	0,3
Složitost (Počet dílů)	30%	3	0,9	3	0,9	2	0,6	1,5,6	0,9
Bezúdržbový provoz	70%	3	2,1	4	2,8	3	2,1	6	2,8
Životnost	40%	3	1,2	4	1,6	3	1,2	6	1,6
Zkrácení výrobn. časů	30%	1	0,3	1	0,3	4	1,2	7	1,2
Usnadnění práce	80%	1	0,8	1	0,8	3	2,4	1,2,7	2,4
Součet		16,4		18,5		20,3		-	
Pořadí		4.		2.		1.		-	
Další postup		Ne		Ano		Ano			



7. DFX – Metody pro detailní konstruování

Na následující konstrukční řešení byly použity metody pro detailní konstruování tedy DFX (Design for X), kde X označuje oblast působení metod. Metody typu DFX řeší vztah navrhovaných strojních celků s ohledem na jednoduchost, snadnost a rychlost výroby, montáže, demontáže udržitelnosti apod.

7.1 Metoda DFA (Design for Assembly)

Montáž výrobku je organizačně složitý a nákladný proces. K jeho zvládnutí a zjednodušení jak časově tak finančně je vhodné použít metodiku DFA. Obecně metoda spočívá ve vytipování podstatných dílů v sestavě, tedy nezbytně nutných k funkci výrobku a dílů nepodstatných. Efektivnost sestavy je potom vyjádřena poměrem počtu dílů podstatných a nepodstatných, přičemž se snažíme eliminovat nepodstatné díly. Dále se hodnotí náročnost montáže a další faktory při sestavování výrobku. Existuje samozřejmě i mnoho jiných druhů postupů vedoucích ke stejnému cíli.

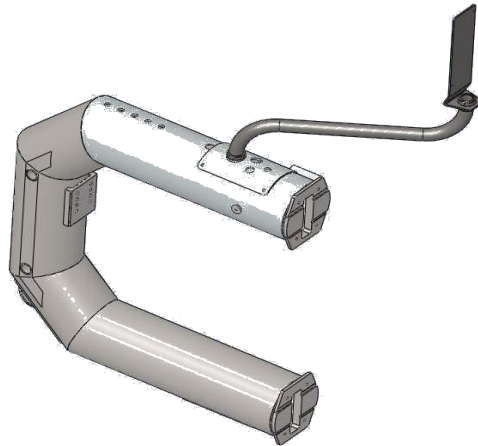
7.2 Metoda DFM (Design for Manufacturing)

Dodržováním principů metody DFM lze dosáhnout nízkých výrobních nákladů. Mezi tyto principy patří jednoduchost, standardní materiály a komponenty, standardizovaný návrh konstrukce výrobu a volné tolerování, pokud je to možné.

7.3 Metoda DFT (Design for Testing)

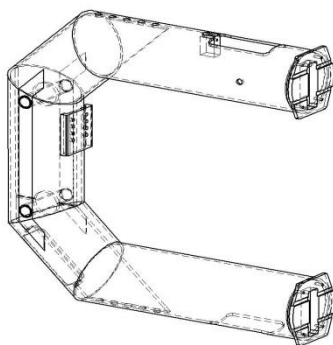
Proces testování a kontroly výrobku může spotřebovat značnou část nákladu a rovněž vývoj testovacích zařízení vyžaduje značné množství úsilí a času. Redukce těchto negativ je možná při využití principů konstruování s ohledem na snadné testování uplatňované již ve fázi návrhu a konstrukčního řešení inovovaného výrobku. [11]

8. Inovace Ramene (VAC)

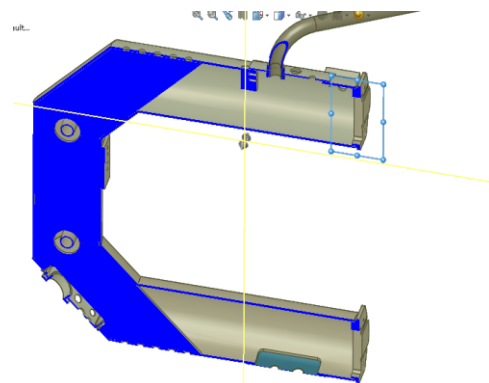


Obr. 18 Rameno (VAC)

Rameno drží jednotlivá vřetena ve vzájemné protilehlé poloze. Zadní část ramena je přimontována k tělu stroje. Na horní rameno je přidána sestava, která slouží jako nosný prvek pro ovládání stroje. Kabely a chladicí prvky vedou uvnitř sestavy, jejíž díly jsou tvořeny z ocelových trubek. Sestava musí být po smontování velice pevná a tuhá z důvodu přesnosti při vrtání. Z toho důvodu se do ramene přidává nosné žebro, jak můžeme vidět na Obr. 19 a Obr. 20. Při vrtání je samozřejmě velice důležitá přesnost jak geometrických, tak rozměrových hodnot. Inovace této sestavy bude zaměřena na zvýšení pevnosti a tuhosti ramena se zohledněním metod DFX.



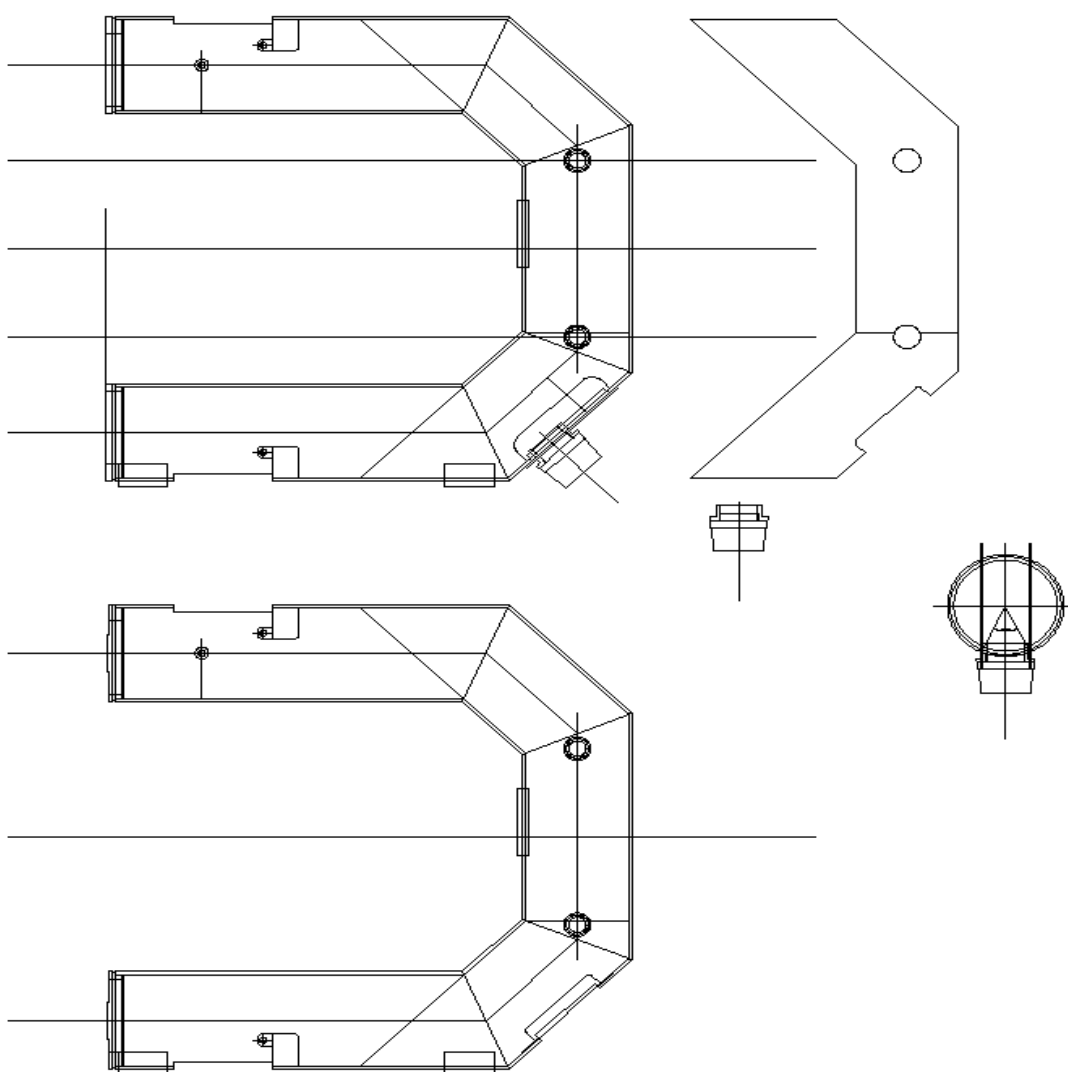
Obr. 19 Drátový model ramene



Obr. 20 Řez ramenem



Na následujícím Obr. 21 můžeme vidět umístění nosného žebra, které je umístěné v zadní části ramena. Dvě vyvrtané díry v nosném žebře a ramenu jsou připraveny na upnutí z boční strany ramen pro větší stabilitu. Otvor v pravé dolní části ramena je připraven pro hadici na chladicí kapalinu a elektroinstalaci, která je vedena přímo k vřetenům. Výkres sestavy nalezneme v příloze. Pro operátory musí být náročné vkládat žebro do jednotlivých dílů a provádět jednotlivé svary na nepřístupných místech. Toto jsou všechno příležitosti ke zlepšení sestavy a porovnání pevnosti současného a inovovaného stavu.



Obr. 21 Skica - umístění nosného žebra (Rozstřelený pohled)



8.1 Pevnostní analýza stávajícího ramene

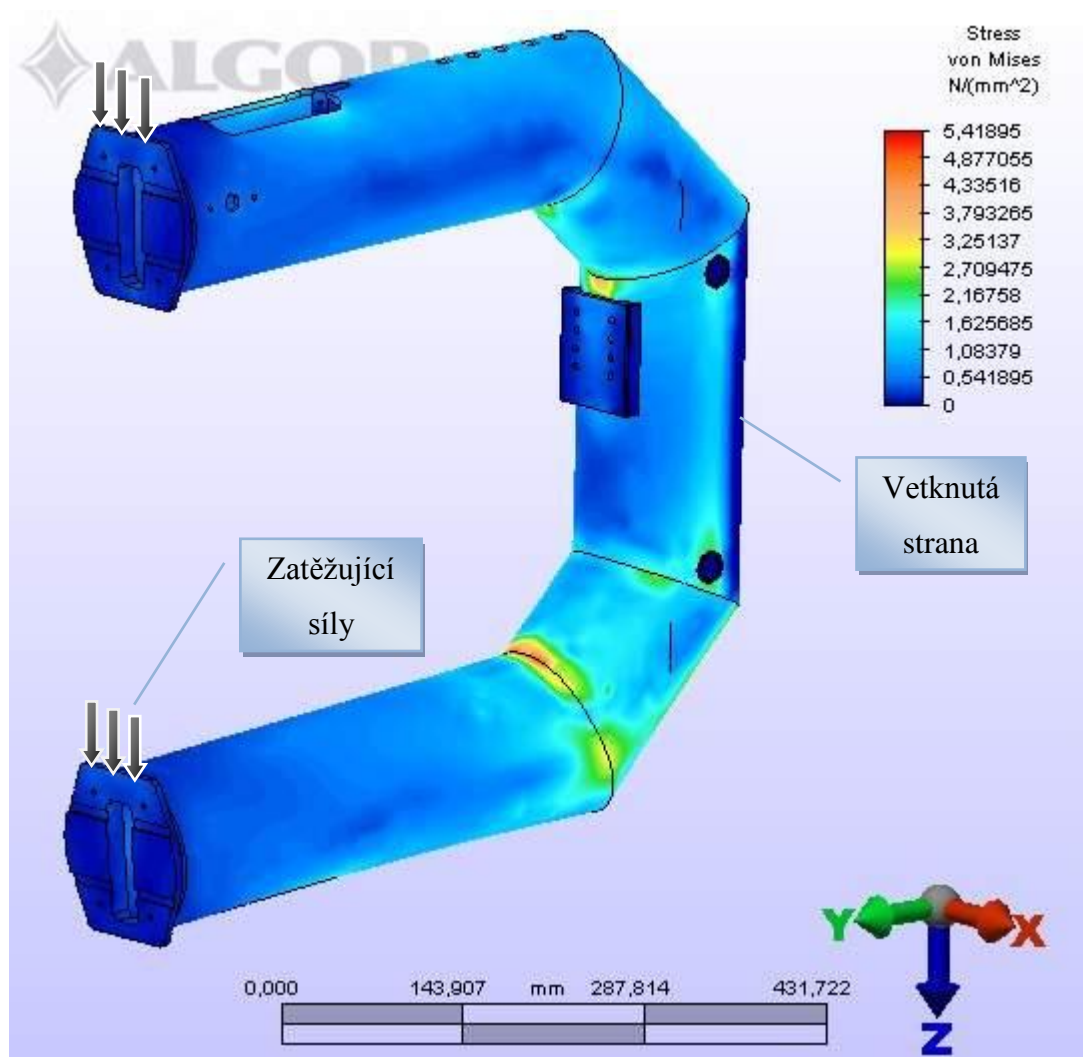
Statická analýza zatížení:

Motor + vrtací hlava = 11,25 kg

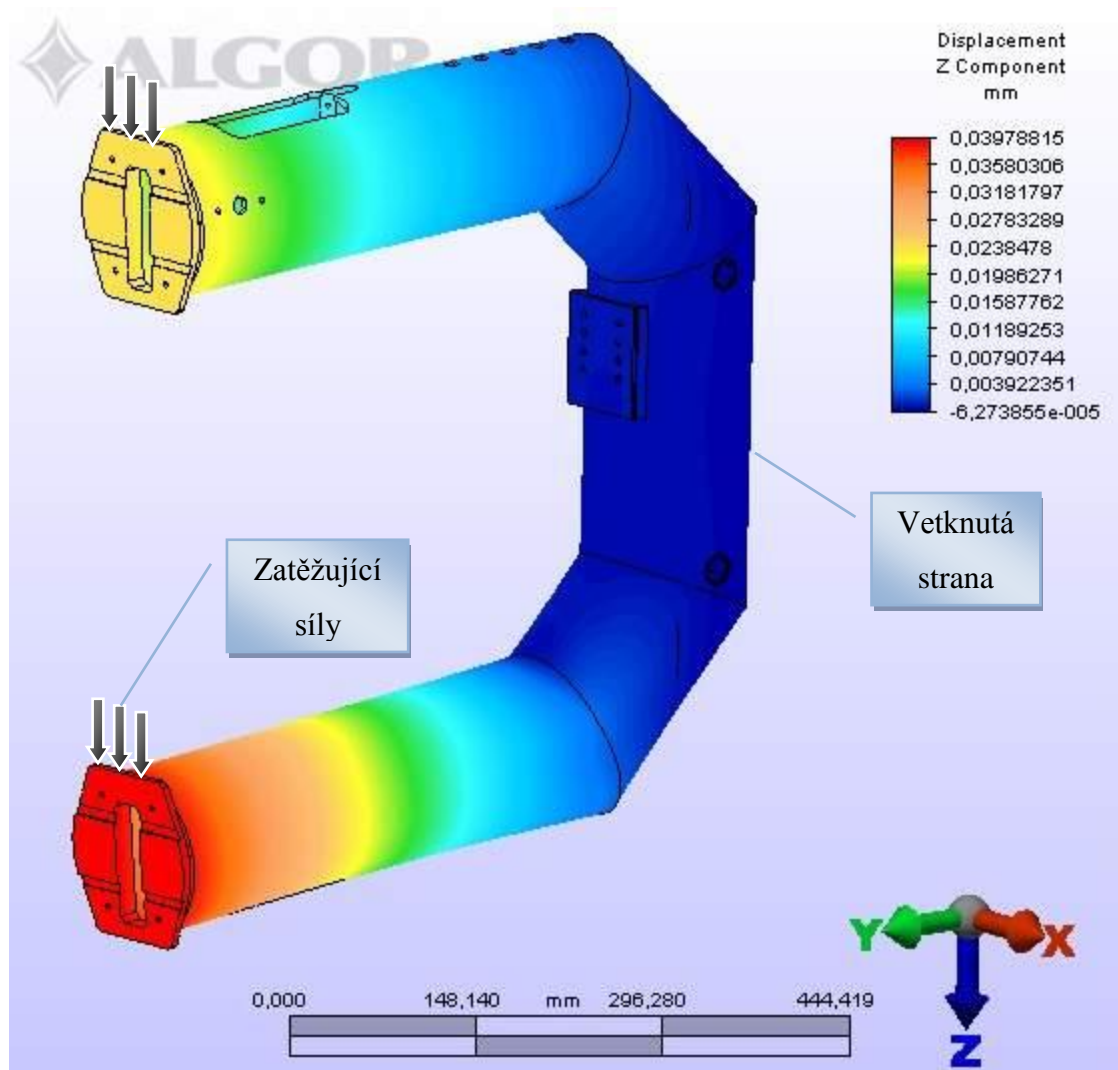
Převodovka = 8,756 kg

Celková hmotnost = 20 kg

Ocel profilu: EN 10219-1



Obr. 22 Napětí v ramenu



Obr. 23 Posunutí v ose Z v ramenu

Výsledné hodnoty:**Napětí v Ramenu:**

Max: 5,42 Mpa

Min: 0 Mpa

Posunutí v ose Z:

Max: 0,039 mm

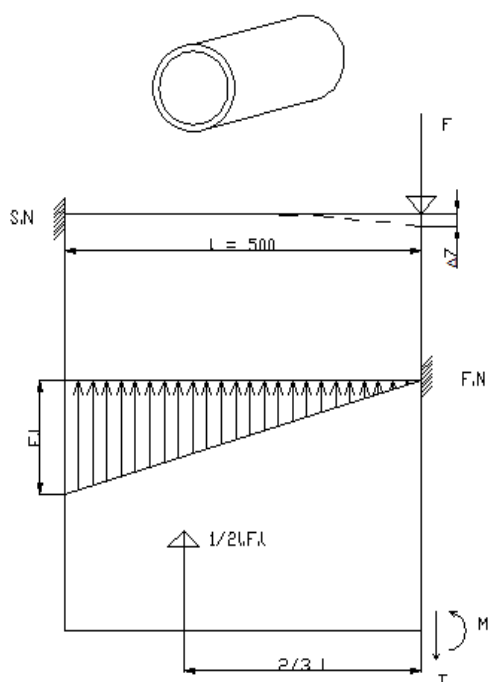
Min: 6,27.e-10 mm



Při logickém uspořádání zákaznických potřeb a určení jejich možných řešení (Str. 24), byly navrženy dvě zajímavé alternativy na dosažení požadavku zvýšení pevnosti a tuhosti ramena VAC. První alternativou byl zvýšení tloušťky profilu a druhou změnou tvaru profilu, ze kterého je rameno tvořeno. Nejvhodnější náhrada stávajícího profilu byl zvolen uzavřený profil s čtvercovým průřezem EN 10219 120x8 od firmy Feron. Pro pevnostní porovnání stávajícího dutého profilu kruhového průřezu ČSN 425715 133x4,5 a uzavřeného profilu s čtvercovým průřezem EN 10219 120x8 byl zvolen následující výpočet.

Každý profil byl ověřen dle následujícího výpočtu na namáhání a deformaci. Při výpočtu je uvažován vetknutý ocelový nosník ($E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$) o délce $l = 500 \text{ mm}$ zatížený na jeho konci osamělou silou o velikosti $F = 200 \text{ N}$.

8.3 Pevnostní výpočet - trubka profil



$$M_{\max} = F \cdot l = 200 \cdot 500 = 100000 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_o} = \frac{100000}{56453,7} = 1,7714 \text{ Mpa}$$

$$D = 133 \text{ mm} ; \quad F = 200 \text{ N}$$

$$d = 124 \text{ mm} ; \quad l = 500 \text{ mm}$$

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (133^4 - 124^4)$$

$$J = 3754171 \text{ mm}^4$$

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{133^4 - 124^4}{133}$$

$$W_o = 56453,7 \text{ mm}^3$$

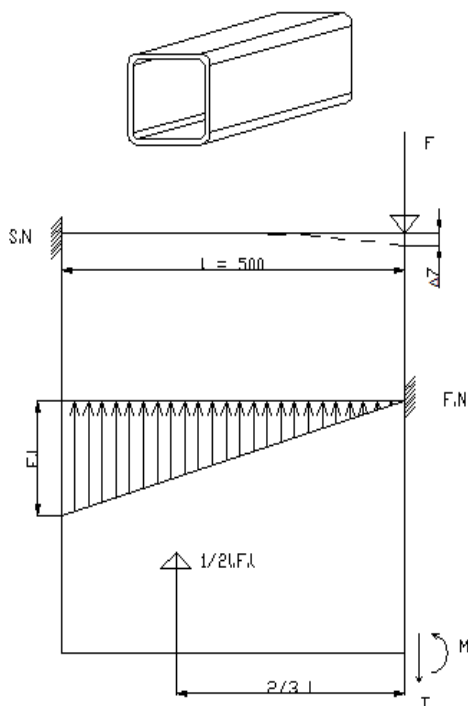
$$\gamma = \frac{1}{EJ} \cdot M \alpha = \frac{1}{EJ} \cdot \frac{F l^2}{2} \cdot \frac{2}{3} l = \frac{F l^3}{3EJ}$$

$$\gamma = \frac{200 \cdot 500^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 3754171} = 0,01057 \text{ mm}$$

Obr. 24 Zatížený nosník - kruhový průřez



8.2 Pevnostní výpočet - čtvercový profil



$$M_{\max} = F \cdot l = 200 \cdot 500 = 100000 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_o} = \frac{100000}{125519,644} = 0,7967 \text{ Mpa}$$

$$A = 120 \text{ mm} ; \quad F = 200 \text{ N}$$

$$a = 104 \text{ mm} ; \quad l = 500 \text{ mm}$$

$$J = \frac{A^4 - a^4}{12} = \frac{120^4 - 104^4}{12}$$

$$J = 7531178,67 \text{ mm}^4$$

$$W_o = \frac{A^4 - a^4}{6A} = \frac{120^4 - 104^4}{6 \cdot 120}$$

$$W_o = 125519,644 \text{ mm}^3$$

$$\gamma = \frac{1}{EJ} \cdot M a = \frac{1}{EJ} \cdot \frac{Fl^2}{2} \cdot \frac{2}{3} l = \frac{Fl^3}{3EJ}$$

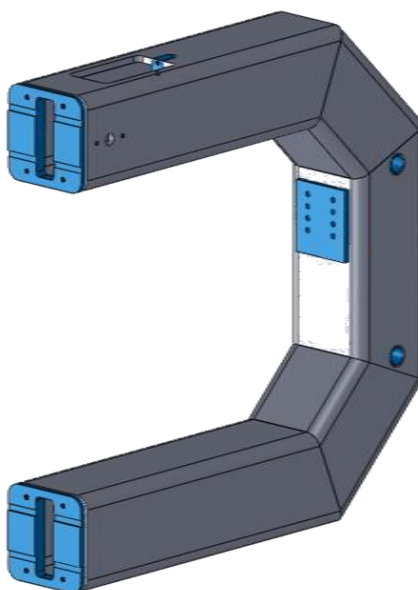
$$\gamma = \frac{200 \cdot 500^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 7531178,67} = 5,2691 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Obr. 25 Zatížený nosník - čtvercový průřez

Při porovnání vypočtených údajů bylo dle očekávání při použití nového profilu s čtvercovým průřezem EN 10219 120x8 sníženo napětí z $\sigma = 1,7714 \text{ MPa}$ na $\sigma = 0,7967 \text{ Mpa}$. Deformace konce nosníků se tedy snížila z $\gamma = 0,01057 \text{ mm}$ na $\gamma = 5,2691 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$. Schematické zatížení nosníků a průběh momentů, můžeme vidět na Obr. 24 a Obr. 25. S těchto kontrolních výpočtů vyplývá, že nahrazením profilu dosáhneme vyšších pevnostních hodnot. Z tohoto důvodu můžeme přistoupit k modelování inovované konstrukce ramena VAC[12].

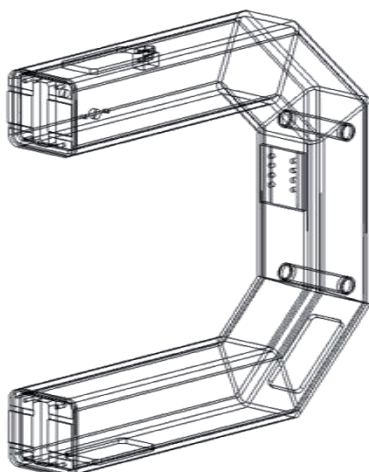


8.4 Nový konstrukční návrh ramene



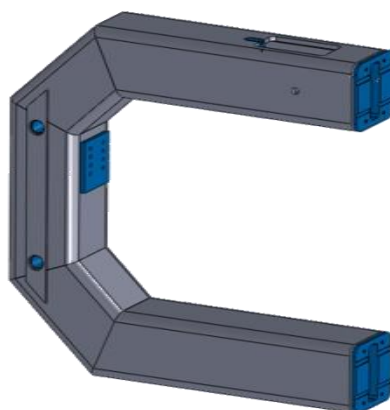
Obr. 26 Inovovaná konstrukce ramene

Jak je na první pohled vidět u inovované konstrukce byl vyměněn dutý profil kruhového průřezu ČSN 425715 133x4,5 za uzavřený profil s čtvercovým průřezem EN 10219 120x8 od firmy Feron. Změnou tvaru a tloušťky profilu je dle výpočtu předpokládáno zvýšení tuhosti a pevnosti ramene s dostatečným vnitřním prostorem pro vedení kabelů a trubic pro chladicí kapalinu. Změna konstrukce si vyžádala změnu rozměrů a tvarů ostatních dílů patřících do sestavy, při zachování přesnosti a důležitých rozměrů celkové sestavy. Na Obr. 27 je vidět, že v sestavě vzhledem ke zvýšení pevnosti není nutné použít nosné žebro jako v předchozí konstrukci. Tímto se snížil počet dílů v sestavě a konstrukce ramene se zjednodušila na minimum. Při inovovaném stavu se samozřejmě snížil i čas k výrobě sestavy. Dalším přínosem je usnadnění výroby a montáže dílů, které budou dosedat na plochu ramene. V předchozím stavu se operátoři při montáži ramene potýkali s velkým problémem přizpůsobit díly jeho kruhovému profilu. S novou rovinou je tento problém vyřešen.



Obr. 27 Drátový model inovované konstrukce ramene

Na drátovém modelu je lépe viditelná vnitřní úspora prostoru (Obr. 27). V modelu zůstaly dvě pouzdra na spoje ramene. Jednotlivé kryty na čele ramena byly tvarově upraveny podle nového profilu, poloha závitů a drážek na čele musela zůstat stejná vzhledem k následující montáži supportu hlavy vřeten. Původní profil měl průměr 133 mm, který byl po svaření profilu na bocích u nosného prvku obroben na vzdálenost ploch 130 mm. Obrobené plochy si můžeme všimnout na Obr. 18. Na inovované rameno je použit profil čtvercový profil 120x120x8, kvůli zachování rozměrů je na boky inovovaného ramene přidána výztuž o tloušťce 5 mm, které zároveň zvyšuje pevnost a tuhost sestavy. Přidanou výztuž můžeme vidět na Obr. 28.



Obr. 28 3D model inovovaného ramene

8.5 Pevnostní analýza inovovaného ramena

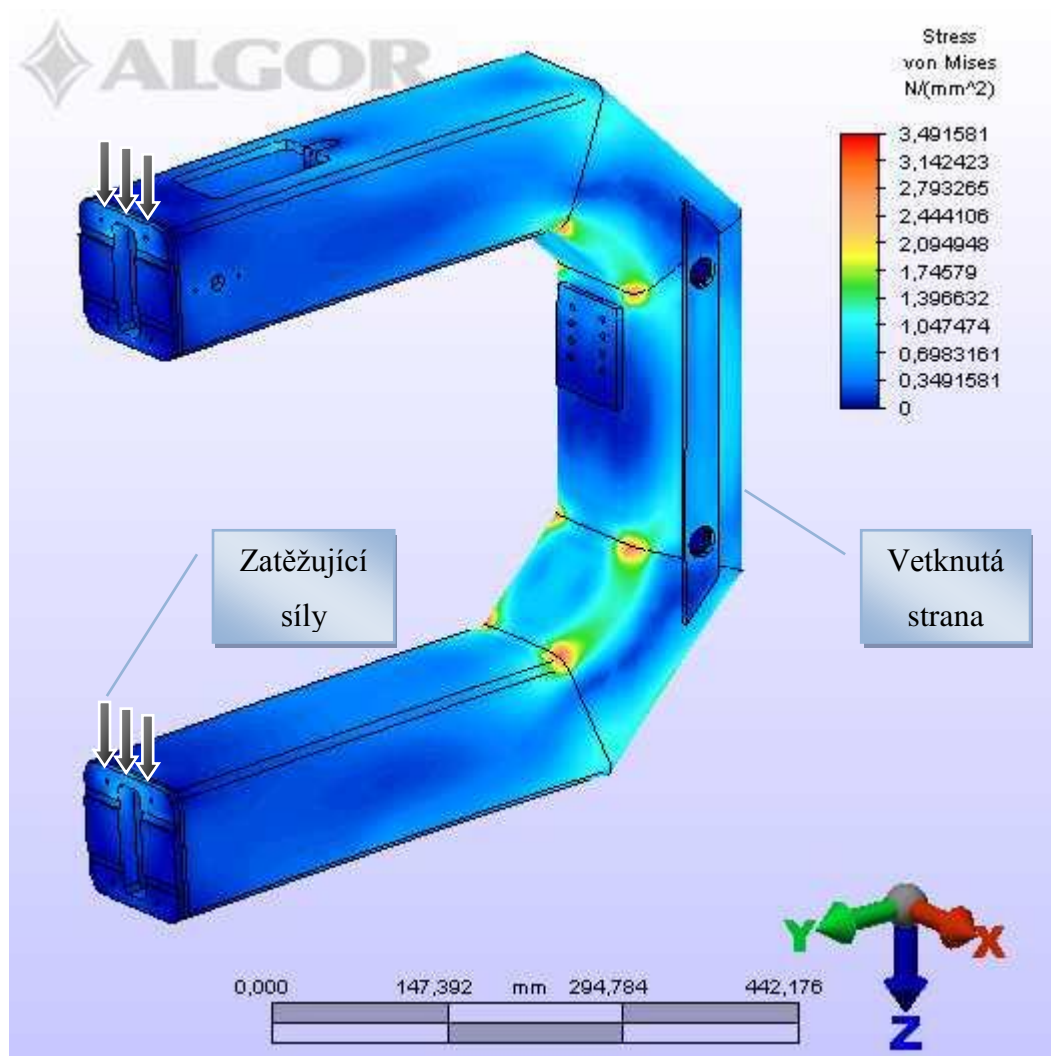
Statická analýza zatížení:

Motor + Vrtací hlava = 11,25 kg

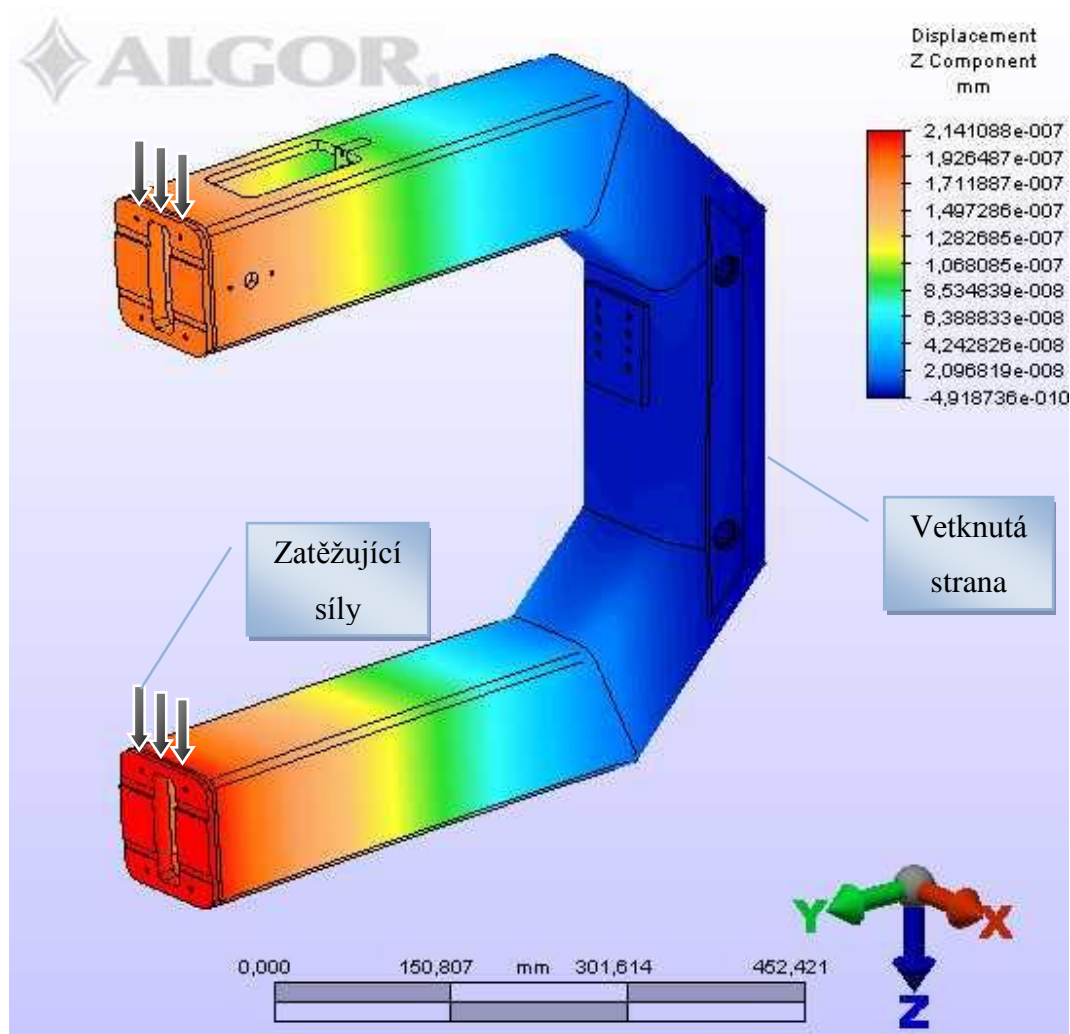
Převodovka = 8,756 kg

Celková hmotnost = 20 kg

Ocel profilu: EN 10219-1



Obr. 29 Napětí v inovovaném ramenu



Obr. 30 Posunutí v ose Z v inovovaném ramenu

Výsledné hodnoty:**Napětí v Ramenu:**

Max: 3,49 Mpa

Min: 0 Mpa

Posunutí v ose Z:

Max: 2,14.e-7 mm

Min: 4,91.e-10 mm



Inovované rameno bylo testováno pevnostní kontrolou v programu Algor V21.1. Pevnostní analýza byla provedena při statickém zatížení vlastních součástí ramen, tedy sestav převodovky a motoru i dalšími díly, které rameno zatěžují. Hlavní vstupní podmínky pro pevnostní analýzu:

- Jednotlivé části profilu jsou pevně spojeny – Svarový spoj.
- Ostatní díly jsou pevně spojeny k rámu – Svarový spoj.
- Konec ramen je zatížen vlastní hmotností + hmotností zatěžujících sestav.
- Všechny díly jsou z oceli EN 10219-1

Napětí v rameni a posun v ose Z je zanedbatelné vzhledem k charakteristickým vlastnostem oceli (Obr. 30). Největší napětí vzniká dle očekávání na vnitřních spojích profilu, přesněji na vnitřních rozích profilu (Obr. 29). Nosnou stranu profilu, jak je vidět na obrázku, zpevňuje boční žebro. Je však pravděpodobné, že by odstranění žebra nemělo významný vliv na posun a funkci ramene. Jde však o rozměrovou korekci, která nám přináší i pevnostní výhodu. Nulové napětí najdeme na zadní fixované straně profilu ramene.

Při zatížení ramene je vidět z výsledných hodnot, že posun v ose Z je velice malý a neovlivní přesnost vrtací hlavy. Výsledky analýzy jsou pouze teoretické. Zatížení ramene bylo z bezpečnostních důvodů navýšeno, kvůli nečekaným aspektům. Z výsledných hodnot považuji rameno za vyhovující, proto je možné přistoupit k tvorbě výkresové dokumentace.

S přihlédnutím k programové kompatibilitě a dostupnosti budou 3D modely a výkresová dokumentace vytvořeny v softwaru Solidworks 2010.



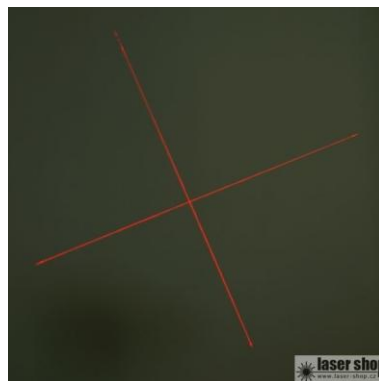
9. Laserové zaměřování polohy

Z navržených konceptů vyšel podle rozhodovací tabulky (Tab. 3) nejlépe koncept laserového zaměřování polohy děr. Jedná se o novou konstrukci na umístění laseru, který bude tvořit na vrtaném skle či kamení optický kříž, který ukáže operátorovi přesnou polohu budoucí vyvrtané díry. Cena průmyslového laseru je poměrně velká, proto první fáze vytvoření konstrukce bude spočívat ve vytipování a nalezení cenově a parametrově výhodného laseru. Další problém bude nalézt přesné umístění laseru na těle stroje tak, aby se laserové paprsky nezakrývaly v jakékoliv poloze části stroje. Zároveň však musí tyto lasery vytvořit paprsek přesně na středu vrtaného otvoru. Pro firmu SKLOPAN byly zpracovány dvě konstrukční varianty modulu na lasery popsané níže.

9.1 Křížový laser

První varianta byla zpracována pro jeden křížový laser. Výhoda použití křížového laseru je zejména v nízké ceně. Vzhledem k tomu, že na vytvoření optického kříže stačí jeden laser, cena se výrazně sníží. Nevýhoda řešení křížového laseru je v tom, že křížový laser prakticky nejde umístit do osy vrtací hlavy. Proto při změně tloušťky materiálu připraveného k vrtání dojde k posunu optického laserového kříže. Z tohoto důvodu je toto řešení vhodné pro vrtání většího počtu otvorů, při nastavení kříže podle prvního vyvrtaného otvoru.

Jako laser byla vybrána 5mW červená laserová optika vykreslující kříž. Výrobce udává, že optika tohoto laseru rozptyluje paprsek do kříže (viz Obr. 31). A tento laser lze použít pro zamíření bodu nebo na podobné aplikace, kdy je potřeba jednoduše vykreslit mříž. Jedná se o velice dobrou konstrukční kvalitu přístroje.



Obr. 31 Křížový laser

Podrobnější specifikace:

Napájení: DC 3.5V~4.5V

Rozměry: 12.5 x 42 mm

Příbalový leták: CZ

Třída laseru: IIIA

Vlnová délka: 650 nm

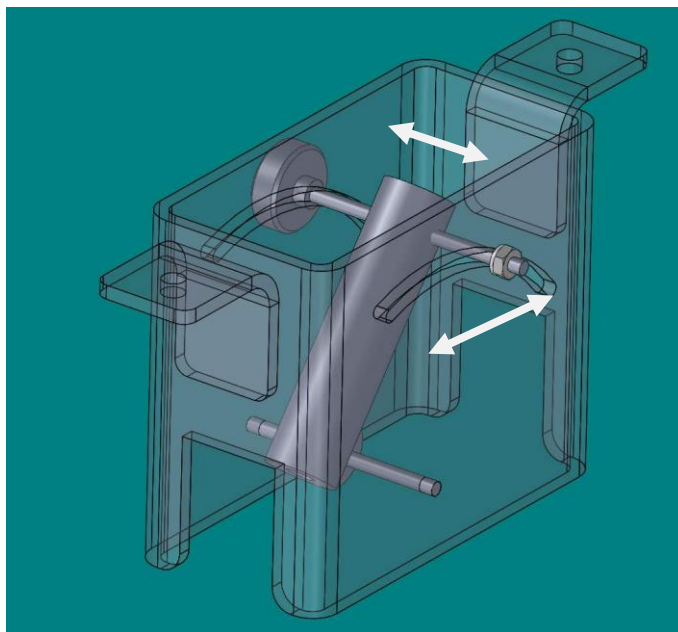
Záruka: 2 roky

Cena: 213,60 Kč [13]

Umístění samotného laseru na vrtačku není možné. Zároveň s přihlédnutím na zákaznické potřeby, jako byl snadně nastavitelný laser a snadná výměna laseru jsme přikročili k vytvoření laserových modulů. Tyto moduly musí splnit všechny výše uvedené požadavky zákazníků. Dále se jejich konstrukce rozměrově přizpůsobí vybranému vhodnému místu na vrtačce, od kterého se nerušeně bude emitovat laserový kříž přímo na ploše připravené k vrtání.



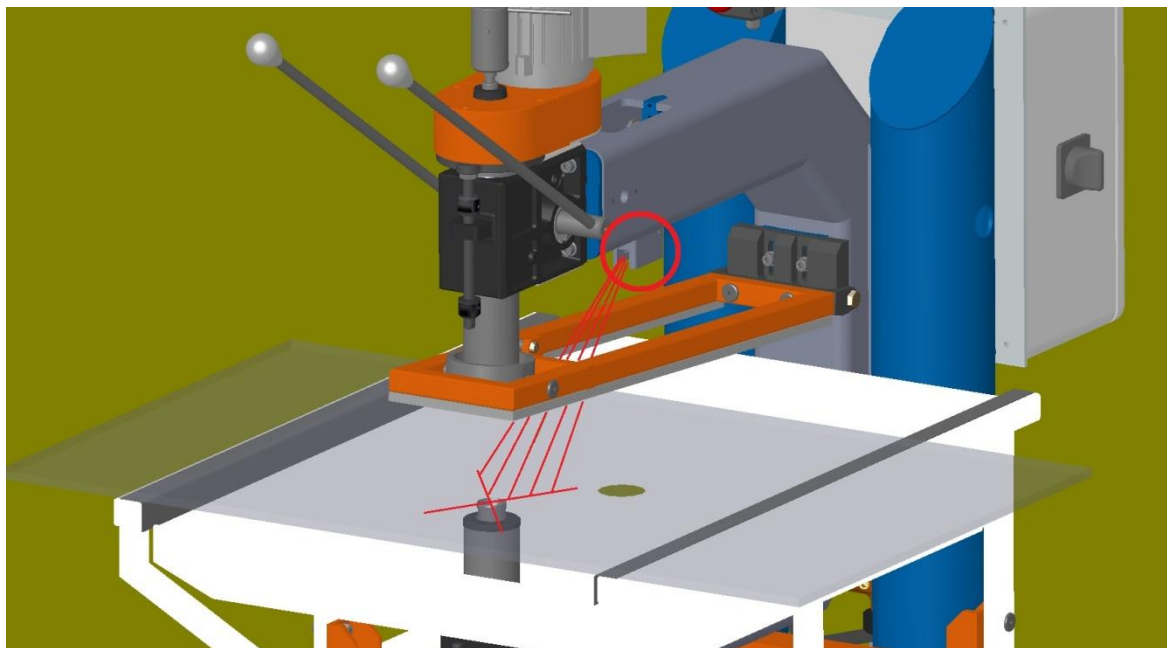
Modul pro křížový laser:



Obr. 32 Modul pro křížový laser

Na Obr. 32 si můžeme prohlédnout modul pro křížový laser, který byl zkonstruován pro připojení na inovované rameno. Při připojení na staré rameno by vyvstal opět problém s trubkovým profilem ramena. Pro připojení by si modul vyžádal další cenové a časově náročné úpravy. Modul pro zaměřování laseru je tvořen tělem z obdélníkového profilu 60x30x2 a pouzdem na samostatný laser. Spodní osová hřídelka je vodící a je spojena pevně s obdélníkovým profilem, tato hřídelka umožňuje pouzdra volný pohyb v její ose. Horní závitový šroub je upevněn samostatnou maticí, která po sevření zablokuje veškerý pohyb pouzdra laseru. Naopak při uvolnění matice je možný náklon pouzdra s laserem. Náklon probíhá při přesunutí šroubu v drážce obdélníkového profilu. Při otáčení šroubu dochází k přesunu pouzdra s laserem po spodní osově hřídelce.

Modul s laserem byl umístěn na spodní straně inovovaného ramene, jak vidíme na Obr. 33. Optický kříž je zaměřen mezi volný prostor přítlačného ramene. Laserový kříž musí být seřízen přesně v ose vrtáků.



Obr. 33 Umístění modulu křížového laseru na vrtačce

9.2 Přímkový laser

Při použití modulu pro přímkový laser odpadá pracné nastavování laserového kříže. Optický kříž je tvořen ze dvou přímkových laseru umístěných přesně v ose vrtací hlavy na přítlačném rameni vrtačky. Nastavení a korekce kříže probíhá pouze jednou a jeho střed je pevně zaměřen na osu vrtacích hlav. Jeho nevýhodou je vyšší cena než u jednoho křížového modulu.

Jako laser byla vybrána 100 mW červená laserová optika (Obr. 34). Jedná se o kvalitní laserový modul, který je díky své robustní konstrukci vhodný pro použití do průmyslu. Díky pracovním teplotám mezi 15 a 35°C ho můžeme použít prakticky kdekoliv bez nutnosti konstrukce zpětnovazební tepelné regulace. Optiku tohoto modulu můžete uživatelsky zostřit. Laserový modul vykresluje čáru (linku).



Obr. 34 Přímkový laser

Podrobnější specifikace:

Napájecí napětí: 3 ~ 6 V, DC

Rozměry: 12.5 x 42mm

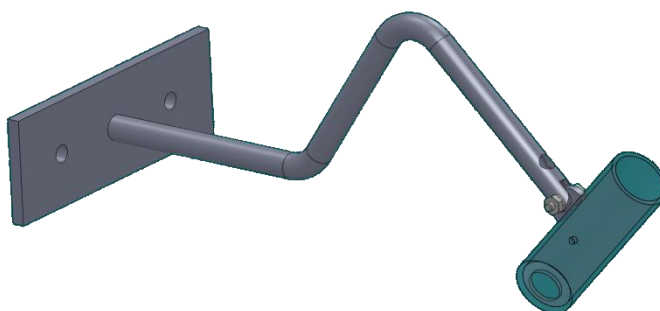
Výstupní výkon: 100 mW

Vlnová délka: 650nm

Pracovní teplota: +15 °C~+35 °C

Emitovaný obrazec: linka

Cena: 1457 Kč [14]

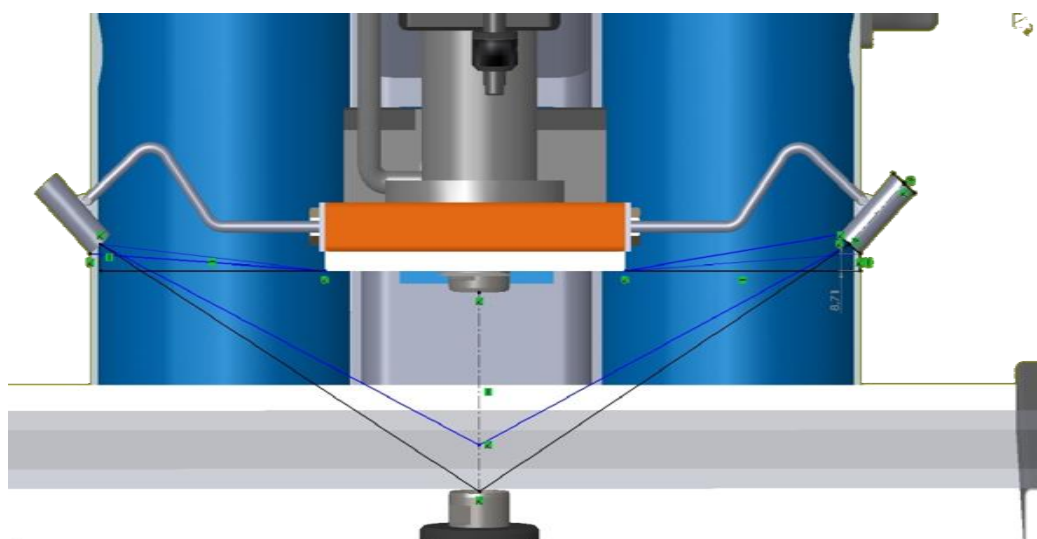
Modul pro přímkový laser:

Obr. 35 Modul pro přímkový laser

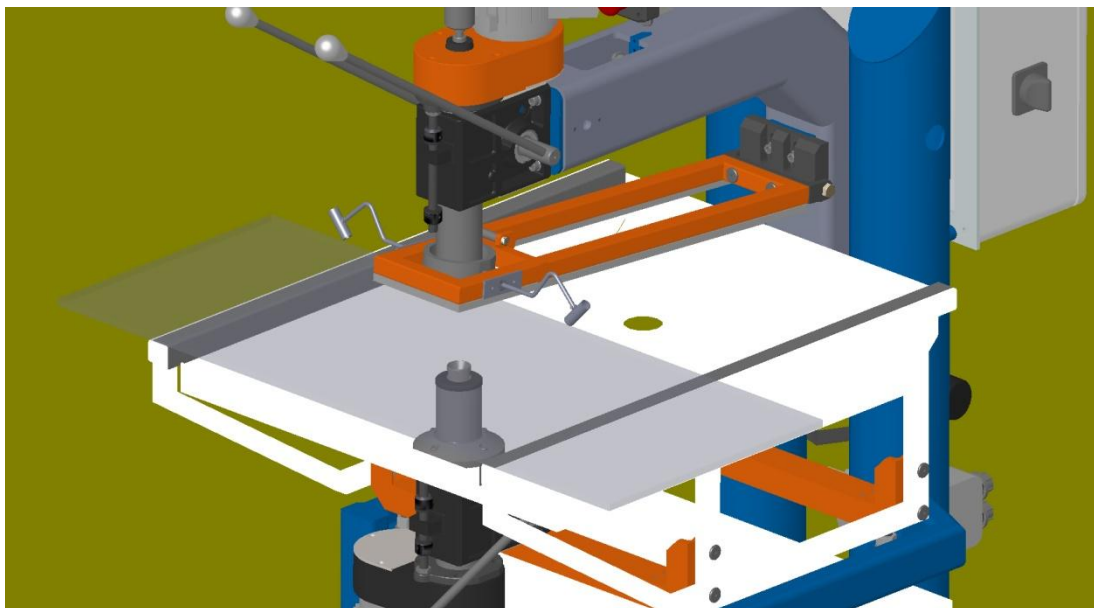


Na Obr. 35 vidíme jeden z modulů pro přímkový laser. Pro vytvoření kříže je nutné použít dva moduly, které vytvoří na vrtaném skle či kameni kříž. Sestava modulu se skládá z pouzdra na laser, který je spojen šroubkem s profilem trubky kruhové ČSN 42 6711.21 o rozměru 6x1,0. Profil trubky umožní vedení kabelu uvnitř konstrukce. Uvolnění šroubku poskytne nastavení požadovaného náklonu pouzdra s laserem. Druhý konec trubkového profilu je svarově spojen s přírubou, která se umístí přímo na přitlačné rameno.

Při montáži modulu přímkových laserů se nesmí nejnižší bod pouzdra dostat pod spodní rovinu přitlačného ramene. V opačném případě by došlo ke kolizi modulů s vrtaným materiálem. Na Obr. 36 je názorná ukázka kontroly bezpečnostní vzdálenosti pouzdra modulu a přitlačné roviny. Bezpečnostní vzdálenost činí 8,8 mm. Umístění laserových modulů můžeme vidět na Obr. 37.

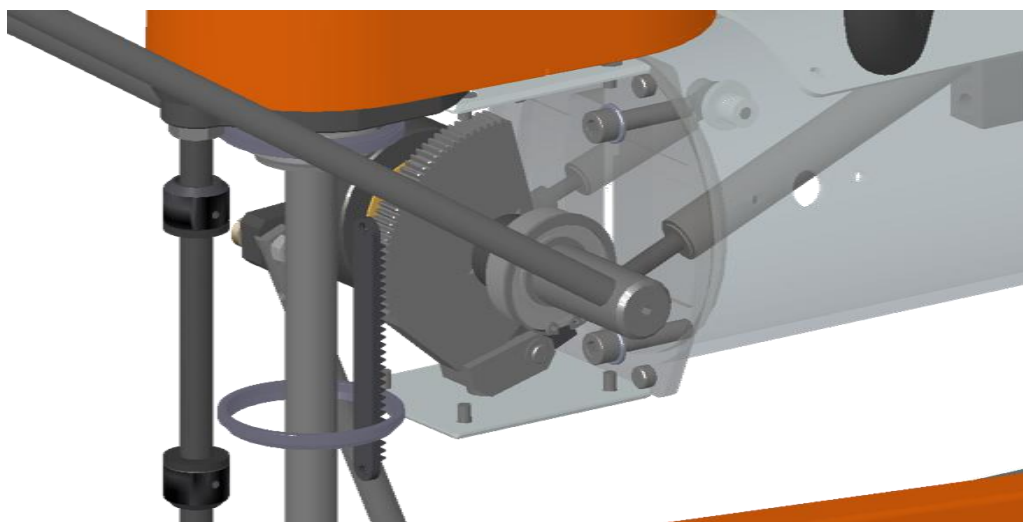


Obr. 36 Bezpečnostní vzdálenost modulu laseru



Obr. 37 Umístění modulu přímkového laseru na vrtačce

10. Posuvný support hlavy vrtačky

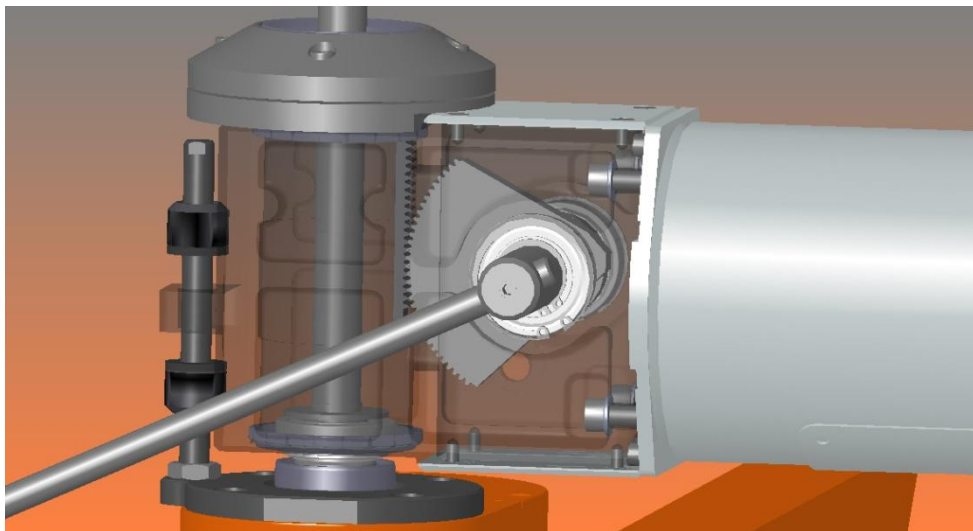


Obr. 38 Horní posuvný support 3D

Přímočarý lineární pohyb vřeten je prováděn pomocí ozubeného mechanismu (viz Obr. 38), tedy ozubeného hřebene a ozubeného segmentu. Písty na obrázku vrací vřetena do nastavené výchozí polohy automaticky. Celý mechanismus je uzavřen v litinové skříni, která je tuhá a dobře tlumí vibrace. Největší problém u současného



konstrukčního řešení je cena a složitost výroby jednotlivých dílů. Na následujících obrázcích můžeme vidět 3D modely ozubeného hřebenu, segmentu a litinové skříně. Závitová tyč se dvěma maticemi na přední straně vřetena slouží k nastavení vrtací výšky hlavy vřetena. (Obr. 38 a Obr. 39)



Obr. 39 Spodní posuvný support 3D

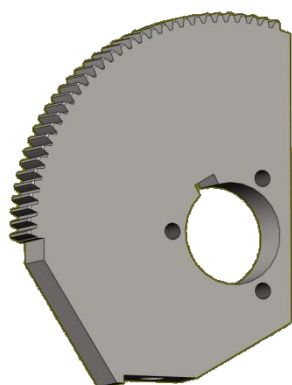
10.1 Ekonomická analýza posuvného supportu

Jak jsme se dozvěděli v předchozí kapitole, pro firmu SKLOPAN je výroba ozubeného mechanismu pro posuv vřetena náročná jak finančně, tak časově. Po prostudování technické dokumentace bylo zjištěno, že jednotlivá ozubená kola a ozubený hřeben je vyráběn přímo ve firmě SKLOPAN z normalizovaných polotovarů. Nejlepší ekonomické a časové řešení je pokusit se součásti nakoupit od externího výrobce. Bohužel tyto díly nejsou tvarově přesné, proto se firma nevyhne jejich úpravě. Přesto by měla být jejich úprava levnější a ne tak časově náročná.



Ozubený segment

Ozubený segment je podle výkresové dokumentace, vyroben z polotovaru KR 115-14, ČSN 425510 a oceli 11 500. Základní parametry ozubení segmentu nalezneme v Tab. 4. Na Obr. 40 vidíme ozubený segment horního vřetena. Spodní ozubený segment se liší pouze v jednodušším tvaru (viz Obr. 39). Spodní vrtací hlava se vrací do počáteční polohy vlastní tíhou, proto na segmentu není nutný spodní výstupek připravený pro montáž pístu.



Obr. 40 Horní ozubený segment

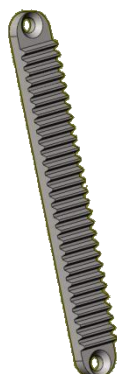
Tab. 4 Parametry ozubení

m	1
Z	110
D	110
α	20°
ČSN 014607	

Při nahrazení současné výroby ozubených segmentů, ale i ozubeného hřebenu nakupovanými díly, je nutné najít vhodného externího dodavatele. Tedy dodavatele, který nabízí stejné parametry součástí jako v Tab. 4 a Tab. 5. Pokud budou parametry ozubení shodné, omezíme úpravy dílů na minimum. Snížíme tedy čas a s ním náklady investované do výroby.



Ozubený hřeben



Ozubený hřeben na Obr. 41 je podle výkresové dokumentace vyroben z polotovaru KR 16-114, ČSN 425510 a oceli 11 600. Základní parametry ozubení hřebenu nalezneme v Tab. 5. Pro horní i spodní vřeteno je použit rozměrově i tvarově stejný ozubený hřeben.

Obr. 41 Ozubený hřeben

Tab. 5 Parametry ozubeného hřebene

Modul	m	1
Počet zubů	Z	30
Úhel sklonu boční křivky zubu	β	0
Smysl stoupání boční křivky zubu	-	-
Jednotkové posunutí	x	0
Stupeň přesnosti podle	-	8
Spoluzabírající kolo	Číslo výkresu	
	Počet zubů	110

Pro ekonomický výpočet stávajícího stavu byla použita super hrubá hodinová mzda operátora 200 Kč/hod. Litinový odlitek 2VAD-11 je objednán od externího dodavatele, jeho cenu poskytla firma SKLOPAN. Ceny polotovaru použitých při výrobě součástí byly zjištěny od firmy Feron. Ekonomická analýza byla provedena pro spodní i horní support zvlášť z důvodu různého tvaru ozubeného segmentu, který má však stejné parametry. Přesnou cenovou analýzu nalezneme v Tab. 6 pro horní support a v Tab. 7 pro spodní support.



Tab. 6 Ceny dílů před inovací (Horní support)

Díl	Předpokládaná doba	Cena
Ozubení segment	3,5 hod.	700 Kč
Ozubení Hřeben	2 hod.	400 Kč
Odlitek 2VAD-11	Nakupovaný	700 Kč
Polotovar KR 16-114	Nakupovaný [1 m]	70,69 Kč
	Nakupovaný [114 mm]	8,48 Kč
Polotovar KR 115-14	Nakupovaný [1 m]	2471,08 Kč
	Nakupovaný [14 mm]	49,42 Kč
Celková cena [Na rozměr]		1857,9 Kč
Celková cena [1 m]		4341,77 Kč

Tab. 7 Ceny dílů před inovací (Spodní support)

Díl	Předpokládaná doba	Cena
Ozubení segment	2,5 hod.	500 Kč
Ozubení hřeben	2hod.	400 Kč
Odlitek 2VAD-11	Nakupovaný	700 Kč
Polotovar KR 16-114	Nakupovaný [1 m]	70,69 Kč
	Nakupovaný [114 mm]	8,48 Kč
Polotovar KR 115-14	Nakupovaný [1 m]	2471,08 Kč
	Nakupovaný [14 mm]	49,42 Kč
Celková cena [Na rozměr]		1657,9 Kč
Celková cena [1 m]		4141,77 Kč

Výroba součástí je časově náročná vzhledem k výrobě ozubení, proto byla oslovena externí firma T.E.A Technik. Tato firma poskytla cenu ozubeného kola a ozubeného hřebenu o stejných základních parametrech stávajících součástí použitých v posuvném supportu. Přesnou cenovou analýzu nalezneme v Tab. 8 pro horní support a v Tab. 9 pro spodní support.



Tab. 8 Ceny dílů po inovaci (Horní support)

Díl	Předpokládaná doba	Cena
Ozubený segment	1,5 hod.	300 Kč
Ozubený Hřeben	0,5 hod.	100 Kč
Odlitek 2VAD-11	Nakupovaný	700 Kč
Polotovar (Ozubené kolo)	Nakupovaný	133 Kč
Polotovar (ozubený hřeben)	Nakupovaný [1 m]	242 Kč
Celková cena		1475 Kč

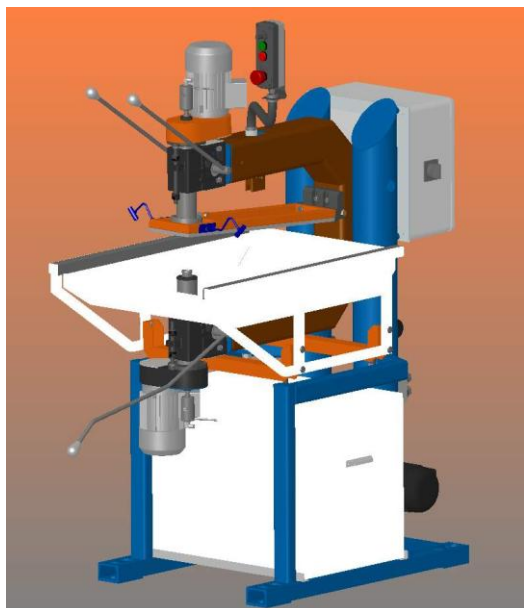
Tab. 9 Ceny dílů po inovaci (Spodní support)

Díl	Předpokládaná doba	Cena
Ozubený segment	1 hod.	200 Kč
Ozubený hřeben	0,5 hod.	100 Kč
Odlitek 2VAD-11	Nakupovaný	700 Kč
Polotovar (Ozubené kolo)	Nakupovaný	133 Kč
Polotovar (ozubený hřeben)	Nakupovaný [1 m]	242 Kč
Celková cena		1375 Kč

Díky širokému sortimentu firmy SKLOPAN, lze využít některé nakoupené polotovary na příští zakázky. Přesto byl brán v úvahu nákup 1 m polotovaru, ale celková cena byla napočítána přesně na rozměr potřebný k výrobě jednoho ozubeného kola či segmentu. Přesto bylo ušetřeno 665,8 Kč. Pokud by se jednalo o celkovou částku zakoupeného za polotovar o délce 1 m, ušetřená suma by byla 5633,54 Kč.



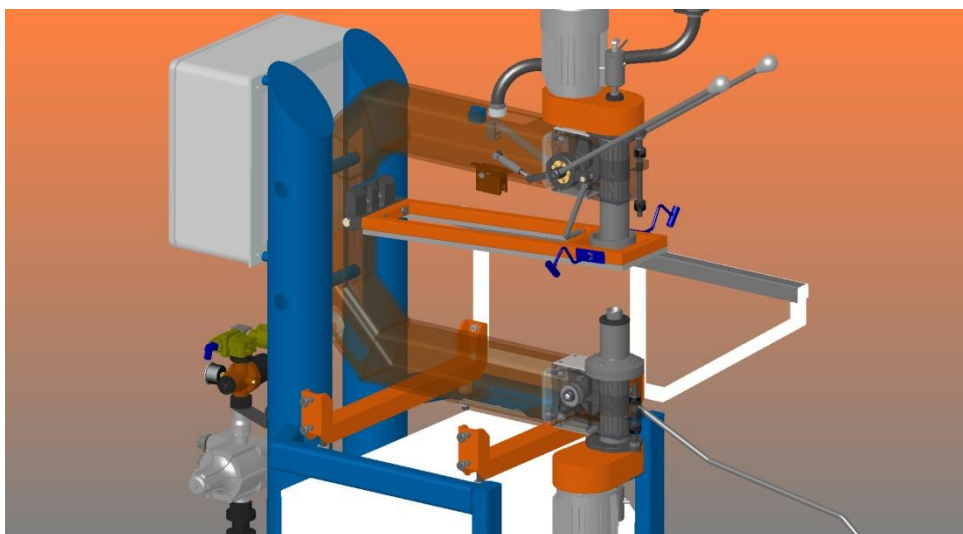
10. Inovovaná vrtačka SPL RVR



Obr. 42 Inovovaná vrtačka SPL RVR

V následující kapitole se zaměříme na shrnutí veškerých inovací vrtačky. Na Obr. 42 můžeme vidět inovovanou vrtačku SPL RVR. Inovace vznikly na základě požadavků zaměstnanců SKLOPAN i zákazníků, kteří si vrtačku zakoupili. Inovováno bylo zejména rameno VAC, při zachování hlavních rozměrů proběhla změna profilů, z kterých je rameno tvořeno. Na Obr. 43, kde je rameno zprůhledněné, si můžeme všimnout pístů, které vracejí madlo i posuvný support do výchozí polohy. Rameno muselo být rozměrově přizpůsobeno nejen kvůli těmto pístům. V úvahu se musela vzít i

elektroinstalace a chlazení, které ramenem prochází. Změnou a zvýšením tloušťky stěny jsme dosáhli snížení dílů ramena a zvýšení pevnosti a tuhosti. Proto je rameno připravené i na výkonnější motory v případě, že si to zákazník bude přát. Další inovace proběhla v podobě přídavných laserových modulů. Na Obr. 42 a Obr. 43 můžeme vidět nainstalovaný přímkový laser na přitlačném rameni, křížový laser je umístěn v horní části ramena VAC. Tyto moduly usnadní pracovníkovi zaměřování budoucích otvorů a výrazně zkrátí výrobní časy. Při návrhu laserových modulů je stejně jako u ramena VAC brána v úvahu elektroinstalace. Z toho důvodu je modul přímkového laseru tvořen trubkovým profilem. Uvnitř tohoto profilu je možné vedení elektroinstalace. Podobné je to u křížového modulu, ten je umístěn přímo na rameno VAC, proto je elektroinstalace vedena přímo tímto ramenem, které je k tomu uzpůsobeno.



Obr. 43 Rameno VAC v průhledném režimu

11. Závěr

V úvodu diplomové práce bylo nutné seznámení s dosavadním řešením oboustranné vrtačky SPL RVR a s konkurenčními výrobky. Byla prostudována stávající výrobní dokumentace vrtačky a popsán současný stav vrtačky. Už při posuzování technické dokumentace byly nalezeny problémy, u kterých bylo inovační řešení nutné. Tyto problémy se nakonec promítly i v požadavcích zákazníků. Šlo zejména o pevnostní problémy ramena VAC a cenově i časově náročnou výrobu ozubených mechanismů posuvných supportů vrtačky. Pro porovnání výrobků byl proveden průzkum trhu, který napověděl, jakým způsobem lze řešit jednotlivé inovace na vrtačce SPL RVR či vytvářet koncepční řešení podle stávajících reálných konstrukcí.

Na základě interview se zaměstnanci firmy SKLOPAN a dotazníkům poskytnuté majitelům vrtačky byly vytyčeny zákaznické požadavky. Tyto požadavky byly roztříděny pomocí afinního diagramu. Ke každému požadavku byly navrženy možnosti řešení daného problému a pomocí bodové metody zvolen nejlepší způsob řešení daného problému.

Po vytipování kritických míst na konstrukci stroje bylo navrženo sedm konceptů. Na základě těchto konceptů byla vytvořena rozhodovací tabulka, pomocí které byl zvolen nejvhodnější koncept pro detailní konstrukční zpracování. Jako nejvhodnější koncept bylo vybráno laserové zaměřování polohy vrtaného otvoru. Místa vybraná



k inovacím byla tedy definována jako inovace ramena VAC, inovace supportu vrtačky a vytvoření laserového modulu k usnadnění zaměřování polohy vrtané díry. Jednotlivé konstrukční návrhy byly optimalizovány zejména podle metod DFX.

Dalším krokem byl přístup k vyřešení inovace ramena VAC. Na současném ramenu VAC byla provedena pevnostní analýza v programu ALGOR. Změnou profilu, který tvoří rameno, bylo docíleno snížení počtu dílů a zvýšení pevnosti a tuhosti ramena. Tento fakt potvrdil i ruční výpočet jednotlivých profilů. Tato změna umožnila jednodušší umístění dílů, které se k sestavě ramena připojují. Na rovnou plochu čtvercového profilu lépe dosedají a není nutná nákladnější výroba jednotlivých tvarových ploch. Na inovovaném ramenu byla opět provedena pevnostní analýza, která potvrdila zvýšení pevnosti ramena.

Dále byly navrženy dvě varianty modulů pro laserové zaměřování polohy vrtaných otvorů. Jedná se o přídatné moduly a vybranou variantu si zákazník zvolí podle jeho individuálních potřeb. Výhoda či nevýhody jednotlivých laserových modulů jsou popsány výše.

Jako poslední fáze diplomové práce byla provedena ekonomická analýza posuvného supportu vřetene. Na základě této analýzy byla navržena změna technologického postupu výroby supportu, při které došlo k úsporám 665,8 Kč. Tato cena je ušetřena při použití polotovaru o přesném rozměru výrobku. Pokud bereme v úvahu nákup 1 m polotovaru, dojde k úspoře 5633,54 Kč.

Vlastní přínos diplomové práce spočívá ve zvýšení přesnosti, tuhosti a pevnosti vrtačky SPL RVR. Tyto vlastnosti byly dosaženy inovací ramena VAC. Dále byla usnadněna práce operátorů při zaměřování vrtaných otvorů, dosažená instalací laserových modulů k vrtačce. Cena laserových modulů byla kompenzována sumou ušetřenou při technologické změně výroby posuvného supportu provedenou ke konci diplomové práce. Cíle uvedené v úvodu práce považuji za splněné.



SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] SKLOPAN LIBEREC a.s. 2012. Portrét [Online]. [cit. 10. 1. 2012].
Dostupné z WWW: <http://www.sklopan.cz/?q=stranka/2>
- [2] SKLOPAN LIBEREC a.s. 20112. Reklamní materiály. [cit. 23. 1. 2012].
- [3] B2B MARKETPLACE, Outsourcing Directory. 2012. Product [Online].
[cit. 10. 2. 2012]. Dostupné z WWW:
http://www.bombayharbor.com/Product/13449/Hh0222_Glass_Drilling_Machine.html
- [4] B2B MARKETPLACE, Outsourcing Directory. 2012. Product [Online].
[cit. 10. 2. 2012]. Dostupné z WWW:
http://www.bombayharbor.com/Product/13451/Hh1320_Single_Arm_Shape_Edging_Machine.html
- [5] FOSHAN KINGSKY MACHINERY Co., Ltd. 2012. Product [Online].
[cit. 10. 2. 2012]. Dostupné z WWW:
http://www.kingskymachine.com/en/views.asp?renzhen_id=123
- [6] BOHLE AMERICA, Inc. 2012. Online shop [Online].
[cit. 24. 2. 2012]. Dostupné z WWW:
<http://www.bohleamerica.com/shop/Electric-Tools:::50.html>
- [7] VPD HRANICE s.r.o. Powerplus elektrické vrtačky.[Online]. [cit. 13. 3. 2012].
Dostupné z WWW: <http://www.vpd.cz/stojanova-vrtacka-powx-154-p-662.html>
- [8] ACADEMY OF PRODUCTIVITY AND INNOVATIONS. Štíhlá výroba.[Online]. [cit. 13. 3. 2012].
Dostupné z WWW: <http://e-api.cz/page/68406.7-novych-nastroju-kvality/>
- [9] NAKO Pardubice, s.r.o. Laserové přístroje [Online]. [cit. 13. 3. 2012].
Dostupné z WWW: <http://www.nako.cz/2499-meridla/2502-laserove-pristroje.html#content>



- [10] AMTEK, spol. s r.o., MAYTEC Teleskopické systémy [Online].
[cit. 13. 3. 2012]. Dostupné z WWW: <http://www.amtek.cz/teleskopicke-systemy>
- [11] MAŠÍN, IVAN A ŠEVČÍK, LADISLAV. Metody inovačního inženýrství. Liberec: Institut technologií a managementu s.r.o, 2006. ISBN 80-903533-0-4.
- [12] JAN A JITKA ŘEZNÍČKOVÍ. Pružnost a pevnost v technické praxi, Příklady I. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní 2005
- [13] ECLIPSEERA s.r.o., Čára, kříž a jiný obraz [Online].
[cit. 13. 3. 2012]. Dostupné z WWW: <http://laser-shop.cz/36-5mw-cerveny-laserovy-modul.html>
- [14] ECLIPSEERA s.r.o., Čára, kříž a jiný obraz [Online].
[cit. 13. 3. 2012]. Dostupné z WWW: <http://laser-shop.cz/182-100mw-cerveny-laserovy-modul.html>

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha 1 – Vyhodnocení dotazníku

Příloha 2 – Časový harmonogram

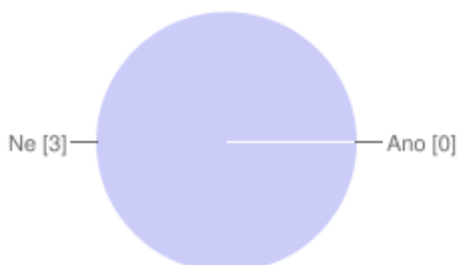
Příloha 3 – Technická dokumentace



PŘÍLOHY

Příloha 1 – Vyhodnocení dotazníku

Vadí vám něco na konstrukčním řešení vrtačky?

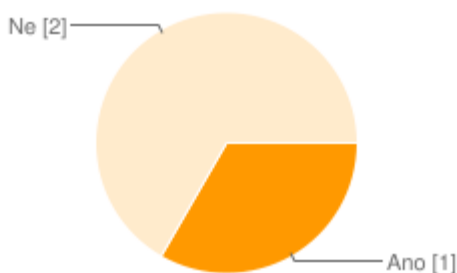


Ano	0	0%
Ne	3	100%

Pokud ano co?

-

Vadí vám něco při práci na vrtačce?

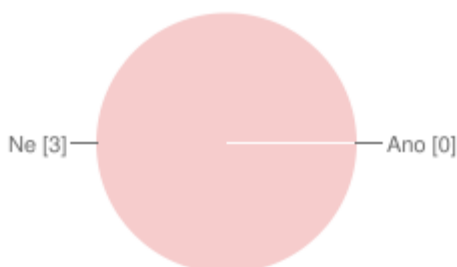


Ano	1	33%
Ne	2	67%

Pokud ano co?

Složitý přeměřování

Zranil jste se někdy o nějakou část stroje při vrtání?

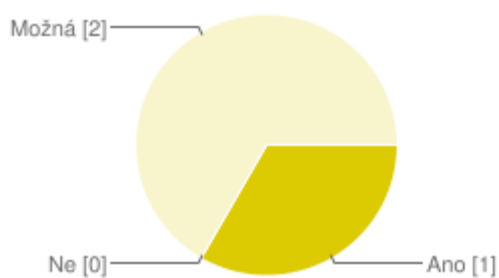


Ano	0	0%
Ne	3	100%

Pokud ano o jakou (o jaké)?

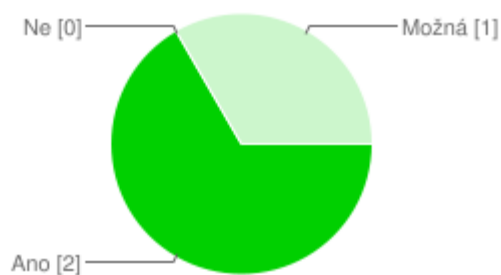
-

Vyhovovala by vám možnost ovládání spodního vřetena nohou? (Přídavný pedál)



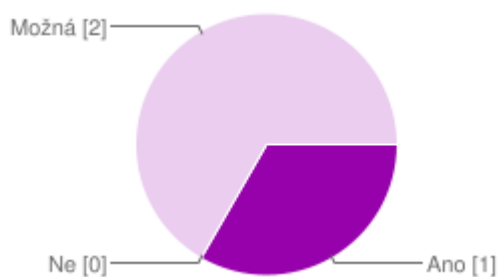
Ano	1	33%
Ne	0	0%
Možná	2	67%

Usnadnilo by vám práci laserové zaměřování polohy díry? (Laserový kříž na skle či kameni)



Ano	2	67%
Ne	0	0%
Možná	1	33%

Usnadnilo by vám práci pohyblivá vřetena (vrtací hlava) v ose X, Y?



Ano	1	33%
Ne	0	0%
Možná	2	67%

Vlastní komentáře a nápady:

-

Number of daily responses



